Издание Технического Управления
Народного Комиссариата Путей Сообщения.

Е. О. Патон.
Профессор Киевского Политехнического Института.

РУКОВОДСТВО
ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ РАЗРУШЕННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

I ЧАСТЬ.

ДЕРЕВЯННЫЕ МОСТЫ.

с атласом из 90 листов чертежей.

КИЕВ 1921 г.

3-я Государственная типография.
Р. В. Ц. Зак. 1765/605—1267—5200 экз. Киев. 21/VI 1921 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Империалистическая война 1914—1917 года и последовавшая за нею гражданская война повлекли за собою громадные разрушения, среди которых видное место занимают разрушения мостов на железных дорогах. Условия военных действий и экономическое состояние страны не давали возможности капитально восстанавливать поврежденные или разрушенные мосты и их восстановления производились при помощи временных конструкций, состоявших главным образом из дерева. Восстановленные таким образом мосты в настоящее время требуют ремонта или переустройства. Однако капитальное восстановление этих мостов в ближайшие годы не осуществимо, в виду отсутствия в стране необходимого железа, почему ремонт и переустройство большинства мостов будет производиться опять таки при помощи разного рода деревянных конструкций. Благодаря этому наблюдается большой спрос на книги по деревянным мостам, быстро исчерпавший их наличие, которое не пополняется, в виду застоя в книгоиздательстве.

Начальник одной из наиболее пострадавших дорог, именно Юго-Западных, инженер Л. Н. Бажанов вошел в Техническое Управление Н. К. П. С. с представлением о необходимости издать руководство по восстановлению мостов для снабжения им технического железнодорожного персонала. Найдя живое сочуствие в лице начальника Технического Управления инженера М. Е. Правосудовича, идея эта по его представлению была утверждена начальником Главного Управления инж. И. Н. Борисовым и составление этого руководства было поручено мне по программе, выработанной совместно с представителями Управления Сл. Пути Ю.-З. ж. д., во главе с его начальником инженером И. А. Сурменевым, и вслед затем утвержденной Техническим Управлением Н. К. П. С. при участии инженеров А. Н. Лебедева и В. П. Николаева.

Печатание книги происходило при очень тяжелых условиях и сопровождалось большими затруднениями, над преодолением которых много потрудились инженер П. Я. Каменцев и в особенности инженер В. Е. Трегубов, взявший на себя инициативу проведения этого вопроса по всем инстанциям при участии А. К. Сокольчука. Моими ближайшими сотрудниками по изданию этой книги были инженеры В. Н. Ярин, Н. О. Галко, А. Д. Голов, А. И. Гончаревич, начальник чертежной А. И. Сикора и С. І. Деркач.

Всем названным лицам я приношу мою глубокую благодарность за оказанную мне помощь и содействие.

Е. Патон.

СОДЕРЖАНИЕ.

ГЛАВА. I

ЛЕСНОЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ МОСТОВ.

§ 1. Породы и свойства лесного материала.

Для деревянных мостов в России употребляется хвойный и лиственный лес. Хвойному лесу отдается предпочтение, потому что стволы хвойных деревьев прямее и менее сучковаты, чем стволы лиственных пород. Из хвойных пород применяют: сосну, ель, лиственницу и пихту. Из лиственных пород применяют: дуб, ольху и бук.

Наиболее часто встречается сосна; из нее могут быть проектируемы все части деревянного моста. Ель, выросшая в хороших условиях, может иногда заменить сосну, но она не отличается долговечностью. Что касается лиственницы, то из всех хвойных пород, она отличается наибольшею стойкостью против атмосферных влияний. Дуб чаще всего идет на изготовление мелких частей, от которых требуется большая твердость и сопротивляемость смятию, например: нагели, подушки и пр. Бук, хотя обладает большою твердостью, но недолговечен, особенно в переменных атмосферных условиях, и потому в мостах имеет ограниченное применение. Ольха не годится для сооружений, работающих на открытом воздухе, вследствие ея недолговечности; под водою же она сохраняется очень долго.

При полном отсутствии влажности дерево может сохраняться очень долго. Известны случаи, когда деревянные ящики с египетскими мумиями сохранялись в течение тысячилетий. В воде дерево также сохраняется очень долго, при условии, если оно непрерывно находится под водою. Поразительный пример в этом отношении представляют сваи Троянова моста, сделанные из дуба и лиственницы. Оне просуществовали 1700 лет до того момента, как обнажились из под воды, благодаря необыкновенно низкому уровню Дуная в 1858 году. Прекрасно сохранились также дубовыя сваи моста, построенного римлянами через Рейн в Майнце 1700 лет тому назад, В противоположность этому, переменные условия влажности и другие неблагоприятные влияния быстро разрушают дерево в постройках. При уменьшающейся влажности воздуха, происходит испарение воды из материала--усушка, и в результате ея—трещины, коробление. Увеличивающаяся влажность воздуха, или непосредственное смачивание водою вызываютъ обратныя явления, иногда разслаивание.

Часто повторяющиеся перемены могут расшатать связь между частицами древесного материала. Если притом соки дерева, пошедшаго на постройку, были богаты (азотистыми) веществами, способными к быстрому за-

гниванию, то разрушение идет еще быстрее, потому что механическим причинам содействуют при этом химические процессы. Как быстро разрушается дерево от переменных условий влажности, хорошо видно на примере телеграфных столбов: в то время, как весь столб почти невредим и проченъ, пояс его на уровне земли загнивает через 2—3 года и приходится заменять столбы новыми. Тоже наблюдается на мостовых сваях.

Усушка дерева. При испарении воды из дерева происходит сокращение его в разных направлениях, известное под названием усушки.

При переходе из сырого состояния в полусухое (воздушно—сухое) линейная усушка в % составляет:

	по направлению		
	волокон	радиальному	годичных слоев
Сосна	0,09%	3,8%	5,3%
Ель	0,12	2,5	5,3
Лиственница	0,12	2,1	5,4
Дуб	0,18	2,9	6,6
Бук	0,20	4,5	8,6
Ольха	0,37	3,7	5,8

Цифры этой таблицы говорят о том, что усушка по окружности вдвое больше усушки по радиальному направлению, а по радиальному направлению гораздо больше, чем вдоль волокон. Если к тому же принять во внимание, что наружные слои сохнут быстрее внутренних, то становится очевидным неизбежное появление трещин в бревнах и брусьях и коробление досок. Если высушенное дерево лежит в сыром воздухе, или погружается в воду, то оно снова поглощает влагу и разбухает в разных направлениях.

Разбухание также неодинаково для разных направлений: оно больше всего по окружности годовых колец и меньше всего вдоль волокон. Результатом разбухания является также коробление и появление трещин, но только противоположного направления. В тесной зависимости от влажности дерева находится его прочность. С уменьшением влаги увеличивается сопротивление дерева раздроблению и разрыву, а также коэффициент упругости. Однако высушивание повышает сопротивляемость только до известного предела, который соответствует 10% содержанию влаги. При меньшем содержании влаги, получающемся только при искуственной сушке, коэффициент упругости и сопротивление дерева опять уменьшаются.

Удельный вес дерева. Древесина без пор, содержащих воздух, имеет удельный вес от 1,27 до 1,96 у сосны и от 1,13 до 1,48 у дуба. Таким образом древесина тяжелее воды, и если дерево не тонет в воде, то это происходит благодаря присутствию воздуха в порах древесины.

Как видно из следующей таблицы, вес воздуха составляет большую часть общаго веса дерева.

в е с	древесины	воды	воздуха.
В твердых лиственных породах	44%	31%	25%
В хвойных породах	27	40	33

При высушивании дерева, понижается его влажность и повышается содержание воздуха; благодаря этому, общий удельный вес дерева уменьшается, как это видно из следующей таблицы.

Дерево	свеже-срубленное	воздушно-сухое
Дуб	1,07	0,73
Сосна	0,90	0,60
Ель	0,86	0,60
Лиственница	0,90	0,54

Для разсчета мостов можно руководствоваться следующими данными о весе 1 куб. метра дерева в кил.

	сырой	полусухой	сухой	
для сосны и ели	900	750	600	кил./м.^{3}
для лиственницы	900	750	540	„ „
для дуба и бука	1000	900	780	„ „

Цифрами последняго столбца обыкновенно не пользуются при расчете мостов, а принимают цифры первого или второго столбца, в зависимости от того, применяется ли сырой или полусухой лес. Вес частей, находящихся в воде или смачиваемых дождем, всегда определяется по цифрам первого столбца (сырой лес).

Срок службы деревянных мостов, не защищенных от атмосферных осадков, принимают обыкновенно от 8 до 10 лет. Этот срок может быть увеличен при соблюдении следующих условий. 1) Следует применять дерево только зимней рубки. Зимою древесный сок состоит почти исключительно из чистой воды, которая остается после выделения крахмала; весной же и летом растительный сок содержит в себе целый ряд веществ, легко приходящих в брожение, вследствие чего дерево весенней или летней рубки легко загнивает. 2) Следует применятьвоздушно-сухое дерево, т. е. высушенное на воздухе, потому что колебания влаги такого дерева будут меньше. 3) Следует предохранять дерево от проникновения в него влаги извне; для этого рекомендуется осмолка газовою смолою, окраска масляною краскою, обугливание дерева. Лучшей защитой является устройство крыши над всем мостом или отдельно над каждою фермою. Иногда верхний пояс ферм покрывают кровельным железом или легкими досками. 4) Можно еще применять меры для предохранения дерева от гниения; эти меры сводятся к удалению из дерева соков, подверженных брожению; для этого дерево пропитывается противогнилостными веществами, как то хлористым цинком, креозотом, медным купоросом, железным купоросом с хлористым кальцием и известковым молоком.

§ 2. Сортамент лесных материалов.

Лесные материалы, применяемые в мостах, делятся на бревна, пластины, брусья, бруски, доски и рейки.

А. Бревна.—это неотесанный круглый лес, в виде стволов. Ствол имеет слегка коническую форму: он „сбегает" к вершине, а к комлю он утолщается. Для хвойных пород утолщение ствола составляет около 1 сотки на погонную сажень, для лиственных—вдвое меньше. Мерою толщины бревна служит его диаметр в тонком конце. Принято выражать диаметр в вершках с округлением до полувершка, так что дерево толщиною между 5 и $5^1/_2$ считается за $5^1/_2$ вершковое, а между $5^1/_2$ и 6—за 6 вершковое. Различаются бревна средние диам. 5 до 6 верш., толстые диам. 7 до 8 верш. и очень толстые диам. 8 до 10 верш. Более толстыми бревнами не следует пользоваться при проектировании мостов. Обычная длина бревен 3 и 4 саж. Наибольшая длина которую может иметь бревно, есть 10 саж.; но такие исключительно длинные бревна можно достать только по особому заказу и по особой расценке. При проектировании мостов следует руководствоваться следующими наибольшими длинами бревен:

при диаметре бревна..	6	7	8	9	10 верш.
наибольшая длина....	6	$5^1/_2$	5	4	3 саж.

Согласно новейшим (1920 г.) техническим условиям Техн. Управ. Н. К. П. С. при проектировании мостов надлежит применять бревна длиною не более 3 саж. В виде исключения допускается применение бревен и большей длины в соответствии со следующим соотношением размеров:

сосновые бревна диаметром....	10	9	8 верш.
должны быть не длиннее.....	3	4	5 саж.

Дубовые бревна диамет. до 12 вер. не должны быть длиннее 1 саж. Применение дуба диам. свыше 12 верш не допускается.

Расчетные данныя для круглого сечения. Если диаметр бревна обозначим через d в см., то момент инерции J в см.^{4} и момент сопротивления W в см.^{3} для любой оси, проходящей через центр тяжести сечения, выразятся так:

$$J = \frac{1}{64} \cdot \pi . d^4 = 0{,}0491 . d^4 \text{ или } 0{,}05 . d^4.$$

$$W = \frac{1}{32} \cdot \pi . d^3 = 0{,}0982 . d^3 \text{ или } 0{,}1 . d^3.$$

Моменты сопротивления для бревен разных диаметров:

d верш.	1	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$	4	$4^1/_2$	5	$5^1/_2$	6	$6^1/_2$	7	$7^1/_2$	8	$8^1/_2$	9	$9^1/_2$	10
W см.^{3}	8,65	29,5	69,2	131	238	366	565	785	1075	1445	1870	2625	2954	3638	4394	5304	6283	7380	8654

Статический момент половины сечения относительно любого диаметра

$$S = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi . d^2}{4} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{d}{\pi} = \frac{1}{12} d^3,$$

где $\frac{2}{3} \cdot \frac{d}{\pi}$ — расстояние центра тяжести половины сечения до оси.

В смысле прочности бревна имеют перед пиленым лесом то преимущество, что в них все волокна остаются целыми; между тем как в пиленом лесе удаляются наружные слои ствола, как раз самые прочные из годовых слоев дерева. Неудобства круглого леса заключаются в трудности выполнения врубок.

Об'ем V бревна расчитывается по одной из формул:

$$V=\frac{\pi . H}{12}(D^2+D.d+d^2)$$

$$V=\frac{\pi . H}{16}(D+d)^2$$

где H—длина бревна, d и D—диаметры в тонком и толстом конце.

Последняя формула дает несколько меньший об'ем, чем первая.

Об'ем бревен в куб. мет. при коничности в 0,01 саж. на пог саж.

При длине саж.	и при диаметре (среднем) d вершков:						
	4	5	6	7	8	9	10
2	0,11 0,03	0,16 0,05	0,24 0,07	0,32 0,09	0,43 0,12	0,53 0,15	0.66 0,17
2,5	0,14 0,02	0,21 0,04	0,31 0,06	0,41 0,07	0,55 0,10	0,68 0,12	0,83 0,16
3	0,16 0,03	0,24 0,04	0,37 0,06	0,48 0,08	0,65 0,10	0,80 0,13	0,99 0,17
3,5	0,19 0,03	0,28 0,05	0,42 0,07	0,56 0,09	0,75 0,13	0,93 0,15	1,16 0,17
4	0,22	0,33	0,49	0,65	0,88	1,08	1,33

Вес полусухих бревен в пудах при весе дерева=750 кил. в куб. мет. Утолщение бревен принято по $^1/_2$ вершка на погон. саж.

Длина бревна саж.	Диаметр бревна в тонком конце в вершках.													
	4	$4^1/_2$	5	$5^1/_2$	6	$6^1/_2$	7	$7^1/_2$	8	$8^1/_2$	9	10	11	12
1	2.8	3.4	4.2	5.0	5.9	6.9	7.9	9.1	10 2	11.6	12.9	15.9	19.0	22 6
2	6.1	7.6	9 1	10.8	12.7	14.7	17.0	19.4	21.8	24.4	27.2	33.5	39.9	47 0
3	10.2	12.5	14.9	17.6	20.6	23.7	27.2	30.7	34.6	38.8	43.0	52.1	62 7	73.4
4	15.2	18.2	21.7	25.5	29.5	33.9	38 5	43.5	48.8	54.1	60.2	73.0	86.6	102
5	20.8	25.0	29.5	34.3	39.5	45.2	51.2	57.9	64.6	71.6	79.2	95.0	113	132
6	27.3	32.5	38.0	44 0	50.9	57.8	65.2	73.0	81.1	90.0	99.0	119	142	164
7	35.5	41.8	48.5	56.3	64.2	73.0	82 0	91,6	102	112	123	148	174	203
8	43 5	51,0	58.6	68.0	77.2	87.2	97 4	109	121	133	146	174	204	236

Вес сырых бревен в пудах при весе дерева=900 кил. в куб. мет.
Утолщение бревен принято по $^1/_2$ верш. на погон. саж.

Длина бревна саж.	Диаметр бревна в тонком конце в вершках.													
	4	$4^1/_2$	5	$5^1/_2$	6	$6^1/_2$	7	$7^1/_2$	8	$8^1/_2$	9	10	11	12
1	3,3	4,1	5,0	6,0	7,1	8,3	9,5	10,9	12,3	13,9	15,5	19.1	22,9	27,1
2	7,3	9,1	10,9	13,0	15,3	17,7	20,4	23,2	26,1	29,3	32,6	40,1	47,9	56,5
3	12,2	15,0	17,9	21,2	24,8	28,5	32,7	36,9	41,6	46,5	51,6	62,6	75,1	88,1
4	18,1	21,8	26,0	30,6	35,4	40,7	46.2	52,1	58,6	65,0	72,2	87,7	104	122
5	25.0	30,0	35,5	41,3	47,5	54,3	61,7	69,5	77,6	86,0	95,2	114	136	159
6	32,8	39,0	45,7	52,9	61,0	69,3	78,4	87,8	97,5	108	119	143	170	197
7	42,5	50,2	58,5	67,7	77,3	87,5	98,7	110	122	135	148	178	209	244
8	52,3	61,2	70,7	81,6	92,7	105	117	131	145	160	175	209	245	284

Погонный вес сосновых бревен
в предположении, что бревна не имеют коничности.

При весе дерева кил. в куб. мет.	Погонный вес бревна в	Диаметр бревна в верш. и см.														
		3	$3^1/_2$	4	$4^1/_2$	5	$5^1/_2$	6	$6^1/_2$	7	$7^1/_2$	8	$8^1/_2$	9	$9^1/_2$	10 в.
		13	16	18	20	22	24	27	29	31	33	36	38	40	42	45 см
750	кил. на п. мет.	10	14	19	24	29	36	42	49	57	65	74	84	94	105	116
900	„ „ „	13	17	22	28	35	42	50	59	68	78	89	100	113	126	140
750	пуд. на п. саж.	1,3	1,8	2,4	3,1	3,8	4 6	5,5	6,4	7,4	8,5	9,7	11,0	12,3	13,7	15,2
900	„ „ „	1,7	2,2	2,9	3,6	4,5	5,5	6,5	7,7	8,9	10,2	11,6	13,0	14,7	16,4	18,2

B. Пластины—это бревна, распиленные пополам. Размеры пластин определяются размерами бревен, из которых оне получены. Пластины, главным образом, употребляются на устройство настила проезжей части, а также на схватки, так что имеют в мостах второстепенное значение. Момент инерции пластины относительно нейтральной оси:

$$J = r^4\left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi}\right) = 0{,}0069 d^4$$

C. Лежни или бревна, отесанные на один или на два канта, получаются путем снятия с бревна одного или двух горбылей. Для приблизительного расчета момента сопротивления лежней, стесанных на два канта, при разной ширине b постели можно пользоваться следующими формулами:

При $b = 0$ $\quad W_x = 0{,}1\ d^3$

$b = {}^1/_4$ до ${}^1/_2\ d$ $\quad = 0{,}09\ d^3$

$b = {}^1/_2$ до ${}^2/_3\ d$ $\quad = 0{,}07\ d^3$

$b = {}^2/_3$ до ${}^3/_4\ d$ $\quad = 0{,}065\ d^3$

Подробные данныя для лежней приведены в следующей таблице.

Разсчетные данныя для сечения бревен, пластин и лежней.

				$b=d/_4$	$b=d/_3$	$b=d/_2$	$b=d/_4$	$b=d/_3$	$b=d/_2$
Площадь сечения	ω	0,785 d^2	0,392 d^2	0,783 d^2	0,779 d^2	0,763 d^2	0,781 d_2	0,773 d^2	0,740 d^2
Разстояние наиболее удаленнаго во- локна до нейтральной оси $x-x$	e_x	0,5 d	0.29 d	0,498 d	0,496 d	0,486 d	0,484 d	0,471 d	0,433 d
„ „ оси $y-y$	e_y	0,5 d	0,5 d	0,5 d	0,5 d	0,5 d	0,5 d	0,5 d	0,5 d
Статический момент части, лежащей выше нейтральной оси $x-x$	S_x	0,083 d^3	0,022 d^3	0,082 d^3	0,080 d^3	0,073 d^3	0,081 d^3	0,077 d^3	0,063 d^3
Правее „ оси $y-y$	S_y	0,083 d^3	0,042 d^3						
Момент инерции относительно оси $x-x$	J_x	0,049 d^4	0,007 d^4	0,048 d^4	0,047 d^4	0,044 d^4	0,047 d^4	0,045 d^4	0,039 d^4
относительно оси $y-y$	J_y	0,049 d^4	0,025 d^4	0,048 d^4	0,047 d^4	0,044 d^4	0,047 d^4	0,045 d^4	0,038 d^4
Момент сопротивления (наименьший) относительно оси $x-x$	W_x	0,098 d^3	0,024 d^3	0,096 d^3	0,094 d^3	0,088 d^3	0,097 d^3	0,095 d^3	0,090 d^3
относительно оси $y-y$	W_y	0,098 d^3	0,049 d^3	0,096 d^3	0,094 d^3	0,088 d^3	0,094 d^3	0,090 d^3	0,076 d^3

Для сравнения моментов сопротивления бревен и лежней может служить следующая таблица.

Данныя для бревен и лежней.

Диаметр бревна d		Бревна.			**Лежни,** стесанные на 2 каната при ширине постелей $b = \frac{1}{2}$ d и высоте лежня h=0,866 d,					
					без ослабления.				ослабленные вертик. болтом диам. 2 см.	
		Площадь сечения	Моменты сопротивлен. W	Моменты инерции J	Ширина постели $b = d/2$	Высота лежня.	Площадь сечения.	Момент сопротивления Wx	Площадь сечения.	Момент сопротивления Wx
верш.	см.	см.²	см.³	см.⁴	см.	см.	см.²	см.³	см.²	см.³
4	17,7	248	553	4943	8,9	15,4	234	505	203	426
$4^1/_2$	20	314	785	7854	10	17,3	296	728	261	628
5	22,2	387	1073	11901	11,1	19,2	364	995	326	872
$5^1/_2$	24,4	467	1425	17368	12,2	21,1	440	1320	398	1172
6	26,6	555	1846	24531	13,3	23	524	1710	478	1534
$6^1/_4$	27,8	606	2130	29500	13,9	24	570	1950	522	1758
$6^1/_2$	28,9	656	2367	34180	14,5	25	618	2190	568	1972
$6^3/_4$	30	706	2651	39761	15	26	666	2460	614	2235
7	31,1	760	2950	45838	15,6	27	715	2730	661	2487
$7^1/_2$	33,3	870	3622	60252	16,6	28,8	820	3360	762	3084
8	35,5	990	4380	77750	17,7	30,7	930	4060	868	3746
$8^1/_2$	37,7	1116	5304	98951	18,9	32,7	1052	4822	987	4474
9	40	1257	6283	125440	20	34,6	1184	5760	1115	5372
$9^1/_2$	42,2	1399	7380	155252	21,1	36,6	1317	6764	1244	6306
10	44,5	1555	8654	192100	22,3	38,6	1465	7931	1388	7425

D. **Брусьями** называют лес прямоугольного сечения, выпиленный или вытесанный из бревен. Вследствие удаления четырех горбылей, брусья лишены самых прочных, наружных слоев. Если через b и h обозначить длину сторон прямоугольного сечения, то наивыгоднейшим отношением сторон $b : h = \varphi$ будет то, при котором момент сопротивления сечения будет наибольшим. Чтобы найти это отношение φ, разсмотрим брус 2 2 2 2 (фиг. 1):

относительно оси xx момент сопротивления бруса $Wx = {}^1/_6\, b.h^2$

Из прямоугольного треугольника 2 2 2 имеем: $b^2 + h^2 = d^2$, кроме того, $b = \varphi.\, h$. Из этих уравнений находим $h = \frac{d}{\sqrt{1+\varphi^2}}$ и $b = \frac{\varphi.\, d}{\sqrt{1+\varphi^2}}$

Подставляя эти величины в выражение для Wx, получаем

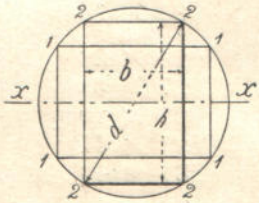
$$Wx = \frac{1}{6} \cdot \frac{\varphi . d}{\sqrt{1+\varphi^2}} \cdot \frac{d^2}{(1+\varphi^2)} = \frac{d^3}{6} \cdot \frac{\varphi}{\left(1+\varphi^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{d\,Wx}{d\varphi} = \frac{d^3}{6}\left[\frac{\left(1+\varphi^2\right)^{\frac{3}{2}} - \varphi . \frac{3}{2}\left(1+\varphi^2\right)^{\frac{1}{2}} . 2\varphi}{\left(1+\varphi^2\right)^3}\right] = 0$$

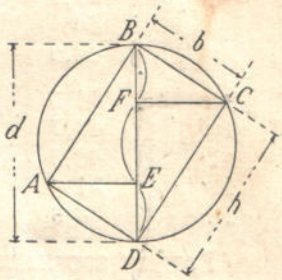
Сделав сокращения, получаем $1 + \varphi^2 = 3\varphi^2$

откуда $$\varphi = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1{,}414} = 0{,}707.$$

Итак, наивыгоднейшее соотношение сторон $b : h = 0{,}7$. При таком отношении, брус оказывает наибольшее сопротивление изгибу. При таком же, примерно, соотношении ($b : h = 0{,}75$) наружная поверхность бруса, а потому и стоимость его обработки, будет наименьшая.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Чтобы из данного бревна получить наиболее выгодный по изгибу брус, поступают так (фиг. 2): на отрубе бревна проводят диаметр BD, делят его на три равные части и в третях E и F прочерчивают по наугольнику перпендикуляры FC и EA, один вправо, а другой влево до пересечения с окружностью, после чего соединяют между собою все четыре точки A, B, C и D, расположенныя на окружности; полученное таким образом сечение $ABCD$ есть наиболее выгодное. Действительно,

$$\left.\begin{aligned} \overline{BC}^2 &= d.\ {}^1/_3\, d \\ \overline{CD}^2 &= d.\ {}^2/_3\, d \end{aligned}\right\} \text{ а потому } \frac{BC}{CD} = \frac{b}{h} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}7.$$

Наивыгоднейшие размеры бруса: $$\left\{\begin{aligned} b &= BC = \frac{d}{\sqrt{3}} = 0{,}58.\ d \\ h &= CD = d\sqrt{\frac{2}{3}} = 0{,}82.\ d. \end{aligned}\right.$$

Если задана высота h бруса, и необходимо определить соответственный диаметр бревна, пользуются формулою $d = \frac{h}{0{,}82} = 1{,}22.\ h$.

Моменты сопротивления круглого сечения и соответствующаго ему наивыгоднейшаго прямоугольного сечения ($b = 0{,}58\ d$; $h = 0{,}82\ d$).

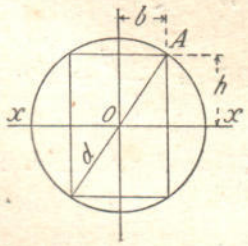
Диаметр бревна.		Соответствующее бревну наивыгоднейшее прямоугольное сечение $b \times h$ в см.	Момент сопротивления сечения		Круглое сечение прочнее прямоугольного на %.
верш.	сант.		круглого см.³	прямоугольного см.³	
3	13,3	8 × 11	238	161	32
3½	15,5	9 × 12	366	216	41
4	17,7	10 × 14	565	327	42
4½	20	11 × 16	785	470	40
5	22,2	13 × 18	1075	702	35
5½	24,4	14 × 20	1445	934	35
6	26,6	15 × 22	1870	1210	35
6½	28,9	16 × 23	2370	1410	40
7	31,0	18 × 25	2954	1876	36
7½	33,3	19 × 27	3638	2309	37
8	35,5	21 × 29	4394	2944	33
8½	37,7	22 × 31	5304	3498	34
9	40	23 × 33	6283	4184	33
9½	42,2	24 × 34	7380	4620	38
10	44,5	26 × 36	8654	5616	35
10½	46,7	27 × 38	10001	6498	35
11	48,9	28 × 40	11482	7474	35
11½	51	29 × 41	13026	8125	38
12	53,3	31 × 43	14869	9553	36

График соотношения между диаметром бревна и размерами прямоугольного бруса, представленный в фиг. 5, является очень удобным средством для быстрого решения всех вопросов, относящихся к прямоугольному брусу.

I задача. Даны размеры b и h бруса в см. или дюймах или вершках или сотых сажени; требуется определить соответствующий этому брусу диаметр бревна в вершках. Искомый диаметр бревна определяется по точке A пересечения координат, соответствующих размерам b и h бруса (фиг. 4). Отыскивая на графике окружность, ближайшую к точке A, читаем на ней диаметр бревна в вершках.

II задача. Дано бревно диаметром d верш.; требуется определить, какой наибольший брус можно получить из этого бревна при условии, чтобы отношение сторон бруса было $b : h = 0{,}7$.

Фиг. 3.



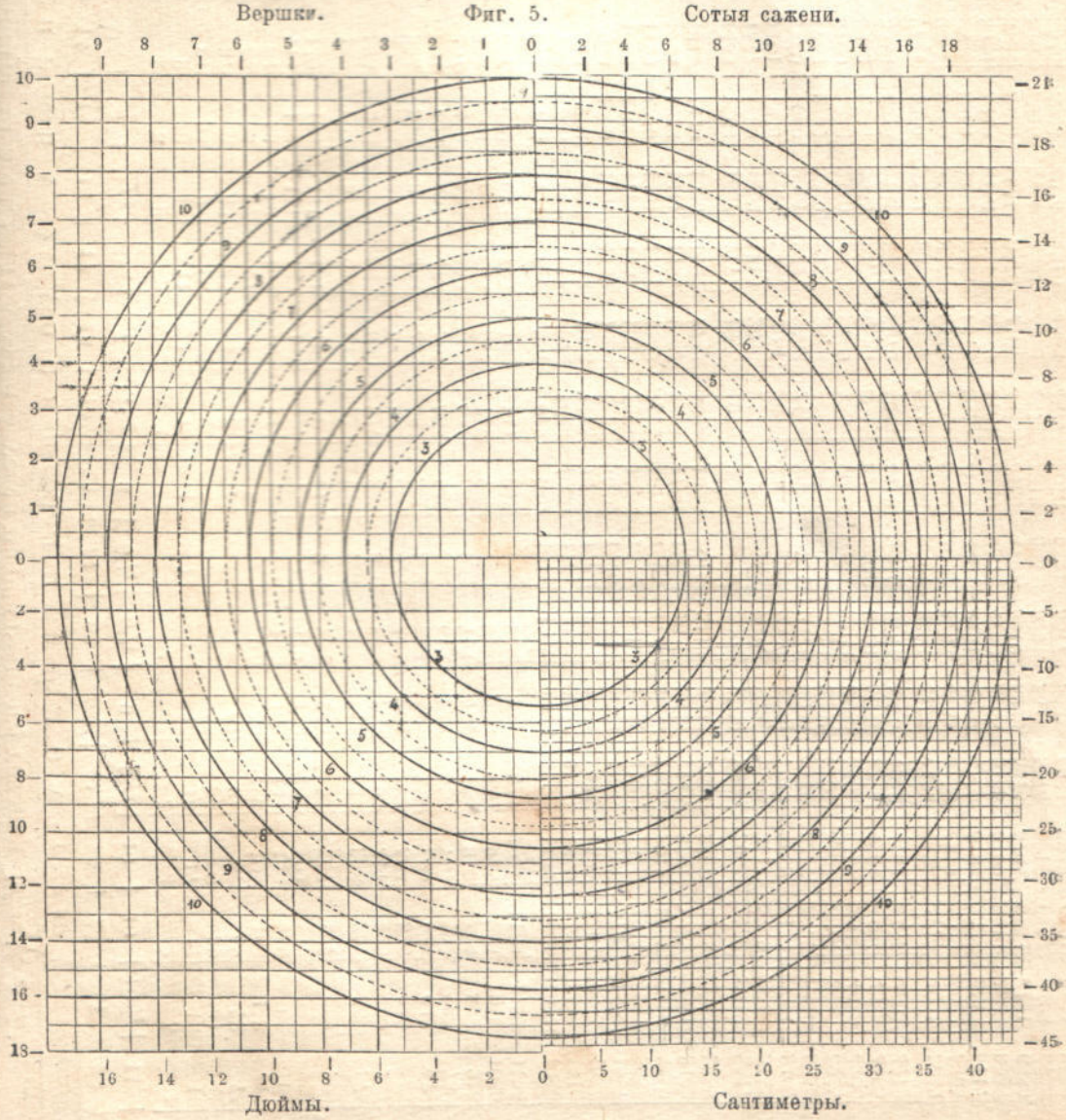
Фиг. 4.

Приняв некоторую ширину b бруса, отыскиваем пересечение ея координаты с заданною окружностью диаметром d; по этой точке пересечения находим высоту h бруса. Расчитываем отношение $b : h$; если оно отличается от требуемого 0,7, то для b принимаем новое значение, находим соответственную высоту h и т. д. по

предыдущему. Путем нескольких проб можно очень быстро подобрать для b такое значение, при котором отношение $b : h$ будет равно требуемому.

При изготовлении бруса из бревна, значительная часть площади сечения теряется в виде горбылей; при этом диаметр бревна должен быть значительно больше высоты бруса, напр., при $h/b = \sqrt{2}$ диаметр должен быть больше высоты на 22%. Чтобы уменьшить трату материала, и из данного бревна получить более высокий брус, изготовляют брусья с закругленными углами, или так называемыми обливинами (фиг. 3). Момент сопротивления сечения с обливинами, если оне невелики, может быть принят таким же, как для прямоугольного сечения; если же обливины очень велики, можно считать сечение за круглое.

Фиг. 5.



Примечания: 1) Диаметры бревен в вершках обозначены у окружностей.

2) Размеры сторон прямоугольного сечения, обозначенные на контуре фиг. 5, соответствуют полной, а не половинной длине сторон прямоугольника (фиг. 4).

Моменты сопротивления в см.³ для досок и брусьев прямоугольного сечения $W = \frac{1}{6}\, b.\, h^2$.

Высота h		ШИРИНА b ДОСКИ ИЛИ БРУСА в см. и дм.																				
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
см.	дм.	4	4½	4½	5	5½	6	6½	6½	7	7½	8	8½	8½	9	9½	10	10	10½	11	11½	12
1	½	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
2	1	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	14	15	16	17	17	18	19	19	20
3	1	15	17	18	20	21	23	24	26	27	29	30	32	33	35	36	38	39	41	42	44	45
4	1½	27	29	32	35	37	40	43	45	48	51	53	56	58	61	64	67	69	72	75	77	80
5	2	42	46	50	54	58	63	67	71	75	79	83	88	91	96	100	104	108	113	117	121	125
6	2½	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	156	162	168	174	180
7	3	82	90	98	105	114	123	131	139	147	155	163	172	179	188	196	204	212	221	229	237	245
8	3	107	117	128	139	149	160	171	181	192	203	213	224	234	245	256	267	277	288	299	309	320
9	3½	135	149	162	176	189	203	216	230	243	257	270	284	297	311	324	338	351	365	378	392	405
10	4	167	184	200	217	233	250	267	283	300	317	333	350	366	383	400	417	433	450	467	483	500
11	4½	202	222	242	262	282	303	323	343	363	383	403	424	443	464	484	504	524	545	565	585	605
12	4½	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480	504	528	552	576	600	624	648	672	696	720
13	5	282	310	338	366	394	423	451	479	507	535	563	592	619	648	676	704	732	761	789	817	845
14	5½	327	359	392	425	457	490	523	555	588	621	653	686	718	751	784	817	849	882	915	947	980
15	6	375	413	450	488	525	563	600	638	675	713	750	788	825	863	900	938	975	1013	1050	1088	1125
16	6½	427	469	512	555	597	640	683	725	768	811	853	896	938	981	1024	1067	1109	1152	1195	1237	1280
17	6½	482	530	578	626	674	723	771	819	867	915	963	1012	1059	1108	1156	1204	1252	1301	1349	1397	1445
18	7	540	594	648	702	756	810	864	918	972	1026	1080	1134	1188	1242	1296	1350	1404	1458	1512	1566	1620
19	7½	602	662	722	782	842	903	963	1023	1083	1143	1203	1264	1323	1384	1444	1504	1564	1625	1685	1745	1805
20	8	667	733	800	867	933	1000	1067	1133	1200	1267	1333	1400	1466	1533	1600	1667	1733	1800	1867	1933	2000
21	8½	735	809	882	956	1029	1103	1176	1250	1323	1397	1470	1544	1617	1691	1764	1838	1911	1985	2058	2132	2205
22	8½	807	887	968	1049	1129	1210	1291	1371	1452	1533	1613	1694	1774	1855	1936	2017	2097	2178	2259	2339	2420
23	9	882	970	1058	1146	1234	1323	1411	1499	1587	1675	1763	1852	1939	2028	2116	2204	2292	2381	2469	2557	2645
24	9½	960	1056	1152	1248	1344	1440	1536	1632	1728	1824	1920	2016	2112	2208	2304	2400	2496	2592	2688	2784	2880
25	10	1042	1146	1250	1354	1458	1563	1667	1771	1875	1979	2083	2188	2291	2396	2500	2604	2708	2813	2917	3021	3125
26	10	1127	1239	1352	1465	1577	1690	1803	1915	2028	2140	2253	2366	2478	2591	2704	2817	2929	3042	3155	3267	3380
27	10½	1215	1337	1458	1580	1701	1823	1944	2066	2187	2309	2430	2552	2673	2795	2916	3038	3159	3281	3402	3524	3645
28	11	1307	1437	1568	1699	1829	1960	2091	2221	2352	2483	2613	2744	2874	3005	3136	3267	3397	3528	3659	3789	3920
29	11½	1402	1542	1682	1822	1962	2103	2243	2383	2523	2663	2803	2944	3083	3224	3364	3504	3644	3785	3925	4065	4205
30	12	1500	1650	1800	1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850	3000	3150	3300	3450	3600	3750	3900	4050	4200	4350	4500
31	12	1602	1762	1922	2082	2242	2403	2563	2723	2883	3043	3203	3364	3523	3684	3844	4004	4164	4325	4485	4645	4805
32	12½	1707	1877	2048	2219	2389	2560	2731	2901	3072	3243	3413	3584	3754	3925	4096	4267	4437	4608	4779	4949	5120
33	13	1815	1997	2178	2360	2541	2723	2904	3086	3267	3449	3630	3812	3993	4175	4355	4538	4719	4901	5082	5264	5445
34	13½	1927	2119	2312	2505	2697	2890	3083	3275	3468	3661	3853	4046	4238	4431	4624	4817	5009	5202	5395	5587	5780
35	14	2042	2246	2450	2654	2858	3063	3267	3471	3675	3879	4083	4288	4491	4696	4900	5104	5308	5513	5717	5921	6125
36	14	2160	2376	2592	2808	3024	3240	3456	3672	3888	4104	4520	4536	4752	4968	5184	5400	5616	5832	6048	6264	6480
37	14½	2282	2510	2738	2966	3194	3423	3651	3879	4107	4335	4563	4792	5019	5248	5476	5704	5932	6161	6389	6617	6845
38	15	2407	2647	2888	3129	3369	3610	3851	4091	4332	4573	4813	5054	5294	5535	5776	6017	6257	6498	6739	6979	7220
39	15½	2535	2789	3042	3296	3549	3803	4056	4310	4563	4817	5070	5324	5577	5831	6084	6338	6591	6845	7098	7352	7605
40	15½	2667	2933	3200	3467	3733	4000	4267	4533	4800	5067	5333	5600	5866	6133	6400	6667	6933	7200	7467	7733	8000

Погонный вес сырых досок и брусьев в кил. на пог. мет.
при весе дерева = 900 к/м.³

Высота. h		Ширина b доски или бруса. в см. и дм.																					
		10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
см.	дм.	4	4½	4½	5	5½	6	6½	6½	7	7½	8	8½	8½	9	9½	10	10	10½	11	11½	12
1	½	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
2	1	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	5.0	5.2	5.4
3	1	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.1	4.3	4.6	4.9	5.1	5.4	5.7	5.9	6.2	6.5	6.8	7.0	7.3	7.6	7.8	8.1
4	1½	3.6	4.0	4.3	4.7	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5	6.8	7.2	7.6	7.9	8.3	8.6	9.0	9.4	9.7	10	10	11
5	2	4.5	5.0	5.4	5.9	6.3	6.8	7.2	7.7	8.1	8.6	9	9.5	9.9	10	11	11	12	12	13	13	14
6	2½	5.4	5.9	6.5	7.0	7.6	8.1	8.6	9.2	9.7	10	11	11	12	12	13	14	14	15	15	16	16
7	3	6.3	6.9	7.6	8.2	8.8	9.5	10	11	11	12	13	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19
8	3	7.2	7.6	8.6	9.4	10	11	12	12	13	14	14	15	16	17	17	18	19	19	20	21	22
9	3½	8.1	8.9	9.7	11	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	19	20	21	22	23	23	24
10	4	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27
11	4½	9.9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12	4½	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
13	5	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	32	33	34	35
14	5½	13	14	15	16	18	19	20	21	23	24	25	26	28	29	30	32	33	34	35	37	38
15	6	14	15	16	18	19	20	23	23	24	26	27	28	30	31	32	34	35	36	38	39	41
16	6½	14	16	17	19	20	22	22	24	26	27	29	30	32	33	35	36	37	39	40	42	43
17	6½	15	17	18	20	21	23	24	26	28	29	31	32	34	35	37	38	40	41	43	44	46
18	7	16	18	19	21	23	24	26	28	29	31	32	34	36	37	39	41	42	44	45	47	49
19	7½	17	19	21	22	24	26	27	29	31	32	34	36	38	39	41	43	44	46	48	50	51
20	8	18	20	22	23	25	27	29	31	32	34	36	38	40	41	43	45	47	49	50	52	54
21	8½	19	21	23	25	26	28	30	32	34	36	38	40	42	43	45	47	49	51	53	55	57
22	8½	20	22	24	26	28	29	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	51	53	55	57	59
23	9	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	46	48	50	52	54	56	68	60	62
24	9½	22	24	26	28	30	32	35	37	39	41	43	45	48	50	52	54	56	58	60	63	65
25	10	23	25	27	29	32	34	36	38	41	43	45	47	50	52	54	56	59	61	63	65	68
26	10	23	26	28	30	33	35	37	40	42	44	47	49	51	54	56	59	61	63	66	68	70
27	10½	24	27	29	32	34	36	39	41	44	46	49	51	53	56	58	61	63	66	68	70	73
28	11	25	28	30	33	35	38	40	43	45	48	50	53	55	58	60	63	66	68	71	73	76
29	11½	26	29	31	34	37	39	42	44	47	50	52	55	57	60	63	65	68	70	73	76	78
30	12	27	30	32	35	38	41	43	46	49	51	54	57	59	62	65	68	70	73	76	78	81
31	12	28	31	33	36	39	42	45	47	50	53	56	59	61	64	67	70	73	75	78	81	84
32	12½	29	32	35	37	40	43	46	49	52	55	58	60	63	66	69	72	75	78	81	84	86
33	13	30	33	36	39	42	45	48	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	80	83	86	89
34	13½	31	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64	67	70	73	77	80	83	86	89	92
35	14	32	35	38	41	44	47	50	54	57	60	63	66	69	72	76	79	82	85	88	91	95
36	14	32	36	39	42	45	49	52	55	58	62	65	68	71	75	78	81	84	87	91	94	97
37	14½	33	37	40	43	47	50	53	57	60	63	67	70	73	77	80	83	87	90	93	97	100
38	15	34	38	41	44	48	51	55	58	62	65	68	72	70	79	82	86	89	92	96	99	103
39	15½	35	39	42	46	49	53	56	60	63	67	70	74	77	81	84	88	91	95	98	102	105
40	15½	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86	90	94	97	101	104	108

Е. **Доски** отличаются тем, что их толщина мала по сравнению с их шириною. Доски получаются распиловкою брусьев или бревен и в зависимости от этого называются чистыми или получистыми. Чистые или обрезные доски *a* (фиг. 6) имеют все углы прямые; получистые доски *e* (фиг. 8) вовсе не имеют прямых углов. Различают еще доски полуобрезные (*b* в фиг. 7), в которых имеется только два прямых угла.

Погонный вес полусухих досок и брусьев в кил. на пог. мет. **при весе дерева=750** к/м³.

Высота h см.	дм.	Ширина b доски или бруса. 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		4	4½	4½	5	5½	6	6½	6½	7	7½	7	8½	8½	9	9½	10	10	10½	11	11½	12
1	½	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2 2	2.3
2	1	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	3 9	4.1	4.2	4.4	4.5
3	1	2.3	2.5	2 7	2.9	3.2	3 4	3.6	3.8	4.1	4.3	4.5	4.7	5.0	5.2	5.4	5.6	5.9	6 1	6.3	6.5	6.8
4	1½	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5 4	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.4	7.8	8.1	8.4	8.7	9.0
5	2	3 8	4.1	4.5	4 9	5 3	5.6	6 0	6 4	6.8	7.1	7.5	7 9	8.3	8.6	9.0	9.4	9.8	10	11	11	11
6	2½	4.5	5.0	5.4	5.9	6.3	6.8	7.2	7.7	8 1	8.6	9.0	9.5	9.9	10	11	11	12	12	13	13	14
7	3	5.3	5.8	6.3	6.8	7.4	7.9	8.4	8.9	9.5	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16
8	3	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	10	10	11	11	12	13	13	14	14	15	16	16	17	17	18
9	3½	6.8	7.4	8.1	8.8	10	10	11	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19	20	20
10	4	7.5	8.3	9.0	9 8	11	11	12	13	14	14	15	16	17	17	18	19	20	20	21	22	23
11	4½	8.3	9 1	9.9	11	12	12	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25
12	4½	9.0	9.8	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27
13	5	9.8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
14	5½	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32
15	6	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34
16	6½	12	13	14	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	34	35	36
17	6½	13	14	15	17	18	19	20	22	23	24	26	27	28	29	31	32	33	34	36	37	38
18	7	14	15	16	18	19	20	22	23	24	26	27	28	30	31	32	34	35	36	38	39	41
19	7½	14	16	17	19	20	21	23	24	26	27	29	30	33	32	34	36	37	38	40	41	43
20	8	15	17	18	20	21	23	24	26	27	29	30	32	33	34	36	38	39	41	42	44	45
21	8½	16	17	19	20	22	24	25	27	28	30	32	33	35	36	38	39	41	43	44	46	47
22	8½	17	18	20	21	23	25	26	28	30	31	33	35	36	38	40	41	43	45	46	48	49
23	9	17	19	21	22	24	26	28	29	31	33	35	36	38	40	41	43	45	47	48	50	52
24	9½	18	20	22	23	25	27	29	31	32	34	36	38	40	41	43	45	47	49	50	52	54
25	10	19	21	23	24	26	28	30	32	34	36	38	39	41	43	45	47	49	51	53	54	56
26	10	20	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59
27	10½	20	22	24	26	28	30	32	34	36	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61
28	11	21	23	25	27	29	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	53	56	57	59	61	63
29	11½	22	24	26	28	30	33	35	37	39	41	44	46	48	50	52	54	57	59	61	63	65
30	12	23	25	27	29	32	34	36	38	41	43	45	47	50	52	54	56	59	61	63	65	68
31	12	23	26	28	30	33	35	37	40	42	44	47	49	51	54	56	58	60	63	65	67	70
32	12½	24	26	29	31	34	36	38	41	43	46	48	50	53	55	58	60	62	65	67	70	72
33	13	25	27	30	32	35	37	40	42	45	47	50	52	54	57	59	62	64	67	69	72	74
34	13½	26	29	31	33	36	38	41	43	46	48	51	54	56	59	61	64	66	69	71	74	77
35	14	26	29	32	34	37	39	42	45	47	50	53	55	58	60	63	66	68	71	74	76	79
36	14	27	30	32	35	38	41	43	46	49	51	54	57	59	62	65	68	70	73	76	78	81
37	14½	28	31	33	36	39	42	44	47	50	53	55	58	61	64	67	69	72	75	78	80	83
38	15	29	31	34	37	40	43	46	48	51	54	56	60	63	66	68	71	74	77	80	83	86
39	15½	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	67	61	64	67	70	73	76	79	82	84	88
40	15½	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	90	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90

Части d и d в фиг. 8 называются **горбылями**. **Длина досок** изменяется от 2 до 4 саж. **Толщина досок** обыкновенно выражается в дюймах и бывает чаще всего 2 2½, 3 и 4 дюйма. **Ширину досок** также выражают в дюймах, обыкновенно 10 дм. или 6 вершков. В зависимости от толщины, доски получают название **мадрильных**, при толщине 7,5 до 10 см. (3 до 4″), или **половиц**—при толщине 5 до 6½ см.

Фиг. 6.

Фиг. 7.

Фиг. 8.

Погонный вес сырых досок и брусьев в пудах на пог. саж.

при весе дерева = 900 к/мет.^{3} = 1,56 $\frac{\text{пуд.}}{\text{фут.}^3}$

Высота h в дюйм.	Ширина доски или бруса в дюймах.																						
	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	9½	10	10½	11	11½	12	12½	13	13½	14
½	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0.3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0.5	0,5	0,5	0,5
1	0,2	0,3	0,3	0.3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0.8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1
1½	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0.6	0,7	0.7	0,8	0,9	0,9	1,0	1.0	1,1	1,1	1,2	1,3	1.3	1,4	1 4	1,5	1,5	1 6
2	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1.4	1,5	1,6	1.7	1 7	1,8	1 9	2,0	2,0	2,1
2½	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2.4	2,5	2.5	2,6
3	0 7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
3½	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7
4	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2.1	2,3	2,4	2,6	2,7	2.9	3,0	3,2	3.3	3,5	3,6	3,8	3,9	4.1	4.2
4½	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3 2	3,4	3.6	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8
5	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2.5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3.6	3 8	4 0	4.2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3
5½	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3.5	3,7	3,9	4,2	4.4	4,6	4,8	5 0	5,2	5,4	5,6	5,8
6	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,6	3,9	4,1	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4	5,7	5,9	6 1	6,3
6½	1,5	1,7	2 0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2	4,4	4.7	4.9	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1	6,4	6.6	6.9
7	1,6	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,1	6,3	6,6	6,9	7,1	7.4
7½	1,7	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4.2	4.5	4,8	5,1	5,4	5.7	5,9	6,2	6,5	6 8	7,1	7,4	7,6	7,9
8	1 8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4.2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6.3	6,6	6,9	7,2	7,6	7,9	8.2	8.5
8½	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,5	5,8	6,1	6,4	6,7	7.1	7,4	7,7	8.0	8,3	8,7	9 0
9	2,0	2,4	2,7	3,1	3,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,1	5,4	5,8	6,1	6,5	6,8	7,1	7,5	7,8	8,2	8,5	8.8	9,2	9,5
9½	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	3,9	4,3	4,7	5,0	5,4	5,7	6,1	6,5	6,8	7.2	7.5	7,9	8,2	8,6	9.0	9,3	9,7	10,0
10	2,3	2,6	3,0	3.4	3,8	4,2	4,5	4.9	5,3	5,7	6,0	6.4	6,8	7 2	7,6	7,9	8,3	8,7	9,1	9.4	9,8	10 2	10 6
10½	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4.8	5,2	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7	9,1	9.5	9,9	10,3	10,7	11 1
11	2,5	2,9	3,3	3,7	4,2	4,6	5,0	5,4	5.8	6,2	6,6	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7	9,1	9.6	10,0	10,4	10,8	11,2	11,6
11½	2,6	3,0	3,5	3,9	4.3	4,8	5,2	5,6	6.1	6,5	6.9	7 4	7,8	8,2	8,7	9,1	9,6	10 0	10,4	10.9	11,3	11 7	12,1
12	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,2	7,7	8,2	8,6	9,1	9,5	10,0	10,4	10,9	11,3	11,8	12,2	12,7
12½	2,8	3,3	3,8	4,2	4,7	5,2	5,7	6.1	6.6	7,1	7,6	8,0	8,5	9,0	9.4	9.9	10.4	10 9	11,3	11,8	12.3	12,7	13,2
13	2,9	3.4	3,9	4 4	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9	8.3	8,8	9,3	9,8	10,3	10,8	11,3	11,8	12,3	12 8	13,3	13,7
13½	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7.6	8,2	8,7	9,2	9 7	10,2	10,7	11,2	11,7	12,2	12,7	13 3	13.8	14,3
14	3,2	3,7	4,2	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	7,9	8,5	9,0	9.5	10.0	10.6	11,1	11,6	12 1	12,7	13.2	13,7	14 3	14,8
14½	3,3	3 8	4,4	4,9	5,5	6,0	6,6	7,1	7.7	8,2	8,8	9,3	9,9	10,4	10,9	11,5	12,0	12,6	13,1	13,7	14,2	14 8	15 3
15	3,4	4,0	4,5	5,1	5,7	6,2	6,8	7,4	7,9	8,5	9 1	9,6	10,2	10,8	11,3	11,9	12,5	13,0	13,6	14,2	14,7	15,3	15,9
15½	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4	9,9	10,5	11,1	11,7	12,3	12,9	13,4	14,0	14,6	15,2	15 8	16,4
16	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,9	8,5	9,1	9,7	10.3	10,9	11,5	12,1	12.7	13,3	13,9	14.5	15 1	15.7	16,3	16,9
16½	3,7	4.4	5,0	5,6	6,2	6.9	7.5	8,1	8,7	9,3	10,0	10,6	11,2	11,8	12,5	13.1	13.7	14.3	14,9	15.6	16,2	16 8	17,4
17	3,9	4.5	5,1	5,8	6,4	7,1	7,7	8.3	9,0	9,6	10.3	10,9	11,6	12,2	12,8	13.5	14,1	14,8	15,4	16,0	16,7	17,3	18 0
17½	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6	7,3	7,9	8,6	9.2	9 9	10,6	11,2	11,9	12,6	13,2	13.9	14,5	15,2	15,8	16,5	17,2	17 8	18,5
18	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,5	8,2	8,8	9,5	10,2	10,9	11,6	12,2	12,9	13,6	14,3	14,9	15,6	16,3	17,0	17,7	18,3	19,0

(2 до 2½″). Для определения веса полусухих и сырых досок и брусьев приводим 4 таблицы (на стр. 13 до 16), из которых две составлены в метрических мерах и две в пудах и саженях.

Погонный вес полусухих досок и брусьев в пудах на пог. саж.

при весе дерева $= 750$ к/м^3 $= 1{,}3 \frac{\text{пуд.}}{\text{фут.}^3}$

Высота h в дм.	Ширина доски или бруса в дюймах.																						
	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	9½	10	10½	11	11½	12	12½	13	13½	14
½	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
1½	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8
2½	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2
3	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6
3½	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1
4	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5
4½	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0
5	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9	4,1	4,3	4,4
5½	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	3,1	3,3	3,5	3,6	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9
6	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3
6½	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7
7	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,3	5,5	5,7	6,0	6,2
7½	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,7	5,9	6,1	6,4	6,6
8	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,0	4,3	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,3	6,6	6,8	7,1
8½	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,3	4,6	4,8	5,1	5,4	5,6	5,9	6,2	6,4	6,7	7,0	7,2	7,5
9	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,2	6,5	6,8	7,1	7,4	7,7	7,9
9½	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2	7,5	7,8	8,1	8,4
10	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,4	5,7	6,0	6,3	6,6	6,9	7,2	7,6	7,9	8,2	8,5	8,8
10½	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3	5,6	6,0	6,3	6,6	6,9	7,3	7,6	7,9	8,3	8,6	8,9	9,3
11	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,2	5,5	5,9	6,2	6,6	6,9	7,3	7,6	8,0	8,3	8,7	9,0	9,4	9,7
11½	2,2	2,5	2,9	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,2	6,5	6,9	7,2	7,6	8,0	8,3	8,7	9,1	9,4	9,8	10,1
12	2,3	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,0	6,4	6,8	7,2	7,6	7,9	8,3	8,7	9,1	9,5	9,8	10,2	10,6
12½	2,4	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	7,1	7,5	7,9	8,3	8,7	9,1	9,5	9,8	10,2	10,6	11,0
13	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0	7,4	7,8	8,2	8,6	9,0	9,4	9,8	10,2	10,6	11,1	11,5
13½	2,6	3,0	3,4	3,8	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,4	6,8	7,2	7,7	8,1	8,5	8,9	9,4	9,8	10,2	10,6	11,1	11,5	11,9
14	2,6	3,1	3,5	4,0	4,4	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1	7,5	7,9	8,4	8,8	9,3	9,7	10,1	10,6	11,0	11,5	11,9	12,3
14½	2,7	3,2	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,9	7,3	7,8	8,2	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	11,0	11,4	11,9	12,3	12,8
15	2,8	3,3	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,1	6,6	7,1	7,6	8,0	8,5	9,0	9,5	9,9	10,4	10,9	11,3	11,8	12,3	12,8	13,2
15½	2,9	3,4	3,9	4,4	4,9	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3	7,8	8,3	8,8	9,3	9,8	10,3	10,8	11,2	11,7	12,2	12,7	13,2	13,7
16	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,6	8,1	8,6	9,1	9,6	10,1	10,6	11,1	11,6	12,1	12,6	13,1	13,6	14,1
16½	3,1	3,6	4,2	4,7	5,2	5,7	6,2	6,8	7,3	7,8	8,3	8,8	9,4	9,9	10,4	10,9	11,4	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,6
17	3,2	3,7	4,3	4,8	5,4	5,9	6,4	7,0	7,5	8,0	8,6	9,1	9,6	10,2	10,7	11,2	11,8	12,3	12,9	13,4	13,9	14,5	15,0
17½	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,8	9,4	9,9	10,5	11,0	11,6	12,1	12,7	13,2	13,8	14,3	14,9	15,4
18	3,4	4,0	4,5	5,1	5,7	6,2	6,8	7,4	7,9	8,5	9,1	9,6	10,2	10,8	11,3	11,9	12,5	13,0	13,6	14,2	14,7	15,3	15,9

F. **Рейки** или планки имеют толщину $2\frac{1}{2}$ до 5 см. и ширину от 5 до 10 см. Длина их 1,5 до 3 саж.

G. **Бруски** имеют квадратное сечение, обыкновенно $2\frac{1}{2}''$. $2\frac{1}{2}''$; они получаются так же, как и рейки, от распиловки досок.

Технические условия на поставку лесных материалов, утвержденные Советом Управления Ю.-З. ж. д. в 1911 году.

Качество леса. Все лесные материалы должны быть изготовлены из вполне здорового несухоподстойного леса, обязательно зимней рубки, считая таковую с 1 октября по 1 марта для участков севернее Казатина и с 1 ноября по 1 марта для участков южнее Казатина, без трещин, гнили, червоточин и без табачных суков.

Размеры. Все материалы должны быть изготовлены с излишками против условленных размеров, т. е. при выпилке или обделке материалов размеры в ширину и в толщину должны быть соблюдаемы с напусками для дуба 3%, граба 5%, для ясеня $3^1/_2$%, для сосны 4%, для ольхи 5%, для липы 6%, так например: доске шириною в 5 вершков при выпилке нужно дать: дубовой 229м/м, грабовой 233м/м, ясеневой 230м/м, сосновой 231м/м, ольховой 233м/м, и липовой 235м/м. Нормы эти относятся к материалам из леса рубки текущего года при выпилке их из сырых колод. При приемке же вышеуказанные напуски могут быть и меньше, в зависимости от степени сухости леса.

Кривизна. Кривизна бревен, пластин и жердей допускается при стрелке не больше $^1/_{144}$ длины, причем таковая может быть только в одну сторону. Кривизна должна измеряться по оси. Для брусьев, досок и лат никакой кривизны не допускается.

Бревна, болванки, пластины и жерди. 1. Бревна, болванки, пластины и жерди должны быть совершенно очищены от коры и сучьев.

2. Толщина бревен и жердей определяется по наименьшему диаметру тонкого отруба, а толщина болванок по наименьшему размеру тонкого конца, причем отступление в толщине бревен допускается не более $^1/_4$ вершка при условии, что такие бревна вполне удовлетворяют всем остальным требованиям настоящих технических условий и что таких бревен будет не более 10% принятого количества.

3. Бревна сосновые должны быть изготовлены из мелкослойного смолистого леса, растущего на сухих местах. Количество слоев должно быть не менее десяти на протяжении одного погонного вершка во втором от центра вершке, считая весенний (светлый) и осенний (темный) слои за один.

Для проверки этих условий приемочная комиссия производит пробную отпилку нижних торцев сдаваемых бревен на расстоянии до двух вершков от концов, в виду чего бревна должны иметь соответственный напуск против условленной длины.

Брусья. Брусья должны быть выпилены или совершенно чисто притесаны в кант по угольнику и быть вполне прямыми. Обзелы, как в дубовых, так и в сосновых брусьях, допускаются по двум кантам лишь у одной из узких сторон бруса, причем сумма двух обзелов для брусьев, имеющих наименьший размер стороны до 6 дюймов, не должна превосходить 1″, а ширина одного обзела не должна превышать $^5/_8$″, для брусьев, имеющих наименьший размер от 7 до 10 дюймов, сумма двух обзелов не более $1^1/_2$″, а ширина одного не более $1^1/_4$″; для брусьев от 10 дюймов и более сумма двух обзелов не более $2^1/_2$″, а ширина одного—не более $1^1/_2$″.

Примечание. Допускаются к приемке брусья, имеющие не более двух гнилых или табачных сучьев диаметром не более одного дюйма и глубиною не более 2″. Проросли в глубь дерева безусловно не допускаются, но неглубокие остатки (не глубже $^1/_4$″ срезанной проросли) могут быть допускаемы в брусьях при условии расчистки таких мест (до приемки) до совершенно здоровых волокон расчищенного места.

Доски чистые. Доски чистые должны быть правильной машинной распиловки (распилка на кривой шнур не допускается) и обрезаны в кант. Обзел может быть допущен только по одному канту и не более следующих размеров, а именно: для досок толщиною в $^1/_2$ дюйма 6 миллиметров, в 1 дюйм 12 миллиметров и в $1^1/_2$ дюйма 19 миллиметров по ширине и толщине доски, а для досок толщиною в 2, $2^1/_2$ и в 3 дюйма 25 миллиметров по толщине и 18 миллиметров по ширине доски. На поверхности досок не должно быть беловатых или желтовато-бурого цвета налетов, а также ветвистых сплетающихся линий, характеризующих присутствие древесного грибка. Допускается синева, если она при обстружке уничтожается.

Доски с гнилыми, табачными и сквозными, плохо вросшими сучьями, а равно со вставками и заделками выпавших сучьев не допускаются. Доски хотя и со здоровыми сквозными сучьями, но расположенными так, что это вредно отражается на прочности досок, не принимаются.

Встречные сквозные сучья не допускаются; встречные несквозные сучья, видимые с одной стороны доски, допускаются в неограниченном количестве для досок толщиною от $1^1/_2$ до 3 дюймов, если в середине доски между ними нет сквозного сука. Для досок в 1 дюйм такие сучья допускаются в количестве не более 3-х пар, а для досок толщиною в $^1/_2$ дюйма, совершенно не допускаются.

Доски получистые. В получистых досках по одному или по двум кантам допускаются обзелы в части или по всей длине доски, причем, если обзел будет только по одному канту, то ширина обзела может быть равна толщине доски; если же обзелы будут на двух кантах, то ширина каждого из них может быть не больше половины толщины доски. По всем остальном получистые доски должны удовлетворять тем же условиям, какие установлены для чистых досок.

Доски обзельные. В досках обзельных обзел допускается по обоим кантам во всю толщину доски и по всей длине доски.

Если при освидетельствовании партии пред'явленных к сдаче лесных материалов, после пересортировки $^1/_4$ части всей постановленной партии, в ней окажется 20% неудовлетворяющих вышеизложенным техническим условиям, то приемщики Управления вправе отказаться от дальнейшего освидетельствования такой партии; поставщик обязан предварительно пересортировать всю партию, выбрать из нее все материалы, неудовлетворяющие техническим условиям и затем уже вновь пред'явить к сдаче отобранные материалы, удовлетворяющие сим условиям.

При ввозе поставляемых лесных материалов в пункты сдачи таковых Управлению, поставщик обязан, до подачи заявления о готовности их к сдаче, уложить все материалы на доставленные им для сей цели деревянные подкладки, толщиною не менее 4 вершков и длиною не менее 1 сажени, в правильные штабеля отдельно по сортам и размерам, с такими промежутками между штабелями, чтобы можно было легко осмотреть эти штабеля со всех сторон. При неисполнении сего требования в точности, пред'являемые к сдаче материалы приемке не подлежат. Доставляемые поставщиком подкладки поступают безвозмездно в пользу Управления дорог.

§ 3. Гвозди и болты.

В дереве гвозди держатся исключительно трением. Поэтому для надежной работы гвоздя требуется, чтобы длина его была вдвое или втрое больше толщины прибиваемой доски. Различают гвозди кованные—кузнечной работы и гвозди проволочные—машинной работы. Кованные гвозди имеют клинообразную или пирамидальную форму и часто снабжаются шляпкою. Длина таких гвоздей 12—30 см. Благодаря своей клинообразной форме с резко выступающими ребрами, кованные гвозди развивают большое трение, а потому прочно сидят в дереве. Проволочные гвозди имеют цилиндрическую или четырехгранную призматическую форму и круглую плоскую шляпку. Длина их (8—20 см.) в сортаменте определяется дюймами. Проволочные гвозди стоят значительно дешевле кованных, но зато в дереве они сидят гораздо слабее.

Болты применяются диаметром от 12 до 25 мм. Таблица веса болтов приведена на стр. 20 Размеры отдельных частей болта выражаются обыкновенно в зависимости от диаметра d стержня: высота головки—около 0,7 d; высота гайки—около 1,0—1,1 d; длина стержня болта на 2—3d больше общей толщины стягиваемых частей; длина нарезки около 4d. Головка болта чаще делается квадратной формы, потому что, врезанная немного в дерево

Таблица веса гвоздей.

Название сорта.	Длина гвоздя.		Число гвоздей в 1 пуд.	1000 гвоздей весят:	
	дм.	мм.		пуд.	кило.
Корабельные или барочные гвозди.	12	305	55	18,2	298
	11	279	65	15,4	252
	10	254	75	13,3	218
	9	229	85	11.8	193
	8	203	100	10	164
	7	178	120	8,3	136
	6	152	150	6,7	110
Тесовые или брусковые гвозди.	10	254	200	5	82
	9	229	250	4	65
	8	203	300	3,33	55
	7	178	400	2,5	41
	6	152	560	1,8	29
	5	127	800	1,25	20
	4	102	1200	0.85	14
	3	76	2000	0,5	8
Проволочные гвозди (указаны пределы в зависимости от толщины гвоздя).	8	203	280—480	3,5—2,1	57—34
	6	152	600	1,7	28
	5	127	700—1050	1,5—1	25—16
	4,5	114	950—1300	1,0—0,75	16-12
	4	102	1000—1500	1,0—0,67	16-11
	3,5	89	1400—2200	0,7—0,5	11—8
	3	76	2100—4000	0,5—0,25	8—4

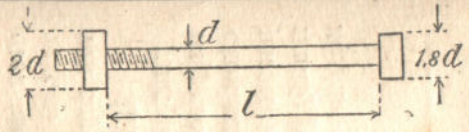
она не вращается при завинчивании гайки. Сторона квадратной головки принимается равною 1,8. d, или по эмпирической формуле: $0,25+1,4.d$.. Головка болта должна быть выкована из одного куска со стержнем, потому что в этом случае болт лучше сопротивляется растяжению. **Гайка** делается четырехгранной или шестигранной формы. Под гайку болта обязательно подкладывают шайбу. Под головку также подкладывают шайбу в том случае, когда болт сильно натягивается.

Шайбы, применяемые в деревянных мостах, гораздо больше шайб, употребляемых в металлических конструкциях, и их диаметр определяется из условия, чтобы сопротивление дерева под шайбой смятию (при допускаемом напряжении в 30 к/см².) равнялось сопротивлению стержня болта разрыву (при допускаемом напряжении 750 к/см².) Размеры железных шайб, разсчитанных таким образом для болтов разного диаметра, приведены в следующей таблице.

Размеры и вес железных шайб.

Диаметр болта . . . . . мм.	10	12	14	16	18	20	22	24
Диаметр шайбы . . . . . мм.	50	60	70	80	90	100	110	120
Толщина шайбы . . . . . мм.	5	6	7	8	9	10	11	12
Вес 100 шайб . . . . . кил.	7	13	20	30	43	59	79	102

Вес железных болтов.



Фиг. 9

Диаметр d мм.	Вес полной головки и полной гайки*) кил.	Вес болта с головкою и гайкою в килограммах при полезной длине l в сентиметрах. 10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	Диаметр d мм.
10	0.040	0,100	0,130	0 161	0,192	0,222	0,253	0,283	0,314	0,344											10
11	0,052	0,125	0,161	0,197	0,237	0,273	0,310	0,344	0,384	0,421											11
12	0,067	0,154	0,198	0,240	0,287	0,328	0,374	0,418	0,462	0,505	0,550	0,594									12
13	0,085	0.187	0,238	0,289	0,341	0,394	0,446	0.497	0,549	0,600	0,652	0,703	0,753	0,806							13
14	0,106	0,225	0,284	0,343	0,406	0,465	0.525	0 584	0,645	0.704	0,764	0,823	0,882	0,943	1,002	1,062					14
15	0,131	0.268	0,336	0,403	0,478	0,548	0,617	0,680	0.709	0,817	0 887	0,954	1.022	1,091	1,159	1,229	1,298	1,366			15
16	0.159	0,315	0.392	0,468	0,550	0,627	0.714	0,783	0,862	0,940	1,018	1,095	1,159	1.275	1,313	1,408	1,487	1,564	1,643	1,720	16
17	0.191	0,367	0.453	0,540	0,632	0,719	0,817	0,896	0,985	1 072	1,197	1,287	1,361	1,469	1.540	1,650	1,743	1,832	1,925	2,034	17
18	0.227	0,424	0,520	0,618	0.719	0,816	0,926	1,017	1,114	1,215	1,312	1,409	1,490	1 607	1,686	1.804	1,905	2,002	2,102	2 199	18
19	0,267	0.487	0,601	0,714	0,809	0,927	1,050	1,148	1,259	1,368	1,480	1,588	1.678	1,808	1,895	2,028	2,140	2,249	2,360	2,469	19
20	0,308	0,552	0,672	0,792	0,920	1,040	1,176	1,284	1,408	1,528	1,652	1,772	1,872	2,016	2,112	2,260	2,384	2,504	2,628	2,748	20
21	0,357	0.626	0,762	0,891	1,031	1,164	1.314	1,433	1.569	1,702	1,838	1,971	2,081	2,240	2,346	2.509	2,646	2,778	2.915	3,047	21
22	0.411	0,707	0.855	0,997	1,152	1,297	1,447	1,592	1.742	1,888	2,038	2,183	2,328	2,478	2,623	2,773	2,923	3.069	3,219	3,364	22
23	0,471	0.794	0,952	1.111	1,280	1,438	1,618	1,762	1 925	2,084	2,248	2,406	2.565	2,729	2,888	3,152	3,216	3,375	3,539	3.697	23
24	0 536	0,887	1,059	1,233	1.416	1,589	1,785	1,941	2,119	2.292	2,471	2,643	2,816	2,995	3,168	3,346	3,525	3.697	3,876	4,049	24
25	0,606	0,988	1,175	1,363	1,562	1,750	1,962	2,131	2,325	2,512	2,706	2,893	3,081	3,275	3,462	3,556	3,850	4,037	4,231	4,418.	25
26	0,683	1,095	1.298	1,501	1,717	1,919	2.149	2,332	2,541	2,745	2,954	3,156	3.359	3.569	3,772	3,981	4,191	4.394	4.603	4,806	26
27	0.758	1.203	1,429	1,640	1,873	2,092	2.318	2,537	2.762	2,982	3,207	3,426	3,645	3,870	4,089	4,315	4,541	4,760	4,986	5,205	27
28	0,847	1,325	1.557	1.795	2,046	2,281	2.524	2,760	3,032	3,138	3.480	3 716	3,951	4,194	4,429	4,672	4,915	5.150	5,387	5,629	28
29	0,942	1.455	1,713	1,960	2,228	2,480	2.741	2,994	3,254	3,507	3.767	4,019	4,272	4,532	4,785	5,046	5,321	5 559	5,813	6,072	29
30	1,044	1,593	1,863	2.133	2.421	2,691	2,970	3,240	3,519	3,789	4,068	4,338	4,603	4,887	5,157	5,436	5,715	5,985	6,264	6,534	30
31	1,153	1.739	2,053	2,316	2,613	2,902	3.200	3,498	3,786	4,084	4,372	4,670	4,958	5,256	5,544	5,842	6,140	6,429	6,727	7,015	31
32	1,270	1,894	2.201	2,509	2,836	3,144	3,461	3 768	4,086	4,393	4,710	5,018	5,325	5,642	5,949	6,267	6,584	6,889	7.209	7.516	32
33	1.394	2.058	2,390	2,792	3,060	3,386	3,724	4,051	4,388	4,715	5 052	5,379	5,706	6.043	6,370	6,708	7,045	7,374	7,710	8,036	33
34	1,526	2.231	2 584	2,925	3,294	3,641	3,999	4,347	4,704	5,052	5,411	5,756	6,103	6,462	6,808	7,167	7,525	7,872	8,230	8,577	34
35	1,654	2 401	2,780	3.136	3,528	3,895	4,275	4,643	5,022	5.390	5,769	6,137	6,504	6.884	7,252	7,631	8,011	8,379	8,758	9,126	35
36	1,801	2.592	2.987	3.370	3,784	4,173	4.575	4,964	5.365	5,754	6,156	6,545	6,934	7,335	7,724	8,126	8,528	8,916	9,298	9,707	36
37	1.958	2.793	3.210	3,614	4,052	4,462	4.901	5,298	5,722	6,133	6,558	6,968	7,378	7.803	8,214	8,636	9,062	9.473	9,897	10,308	37
38	2,123	3,003	3.444	3,870	4,332	4,765	5,213	5,646	6,094	6,527	6.974	7,408	7.841	8,289	8,722	9,169	9 617	10,050	10,498	10,931	37
39	2,300	3,225	3.688	4,137	4,623	5,080	5,551	6,048	6,067	6,936	7,407	7,863	8,319	8.791	9,247	9,719	10,190	10,647	11,118	11,574	39
40	2,477	3,456	3,936	4,416	4,928	5,408	5,904	6,384	6,880	7,360	7,856	8,336	8 816	9,312	9,792	10,288	10,784	11,264	11,760	12,240	40
42	2,865	3,951	4,480	4,993	5,574	6,103	6,650	7,179	7,726	8,256	8,802	9 331	9,860	10.407	10,936	11,483	12,030	12,559	13,106	13,635	42
44	3,291	4,472	5,052	5,634	6,253	6,834	7.434	8,015	8,615	9,196	9,796	10,376	10.957	11,557	12,138	12,738	13,339	13,919	14,520	15,100	44
46	3,766	5,057	5,692	6,327	7,003	7,638	8,294	8,930	9,585	10.220	10,876	11,511	12,145	12,801	13 436	14,092	15,749	15,383	16 039	16,674	46
48	4,285	5,691	6.382	7,073	7,810	8,501	9,216	9,907	10 621	11,313	12.026	12,718	13,409	14.123	14,814	15,528	16,243	16,934	17,648	18.339	48
50	4,850	6,375	7,125	7,875	8,675	9,425	10,200	10,950	11,725	12,475	13,250	14 000	14,750	15,525	16,275	17,050	17,825	18,575	19,350	20,100	50

*) Головка квадратная и соответствует отверстию ключа = 1,8 d. Гайка шестигранная и соответствует отверстию ключа = 2 d.

§ 4. Временное сопротивление дерева и его коэффициенты упругости.

Прочностью дерева называют его сопротивление растяжению, сжатию, изгибу, срезыванию и кручению. Эти сопротивления далеко неодинаковы по разным направлениям волокон, в зависимости от строения древесины. Сопротивление увеличивается к периферии ствола и уменьшается к сердцевине, потому что клетчатка периферических частей моложе клетчатки внутренних частей. Большое влияние на прочность дерева оказывает время рубки: хвойныя деревья, срубленные зимою, на 20% прочнее срубленных летом; поэтому в технических условиях на поставку лесных материалов всегда указывают, что лес должен быть зимней рубки.

Твердость, или сопротивляемость изнашиванию, зависит главным образом от породы дерева. С этим качеством приходится считаться при выборе материала для настила проезжей части; при этом можно иметь в виду, что бук тверже дуба и сосны, а дуб тверже сосны. Твердость вдоль волокон больше, чем поперек волокон; поэтому торцы изнашиваются меньше, чем боковая поверхность.

	Временное сопротивление к/см.²					Коэффициент упругости к/см.²		
	Растяжение	Сжатие	Изгиб	Срезывание.		Растяжение	Сжатие	Изгиб
	‖ 100%	‖ 55%	66%	‖	⊥	‖	‖	
Сосна	750	400	400	50	100	120000	100000	110000
Ель	700	400	400	40	100	120000	100000	110000
Лиственница .	790	440	540	60	120	130000	100000	115000
Дуб	900	500	600	80	200	110000	100000	100000
Бук	900	500	700	70	—	180000	170000	130000

‖ — вдоль волокон. | ⊥ — поперек волокон.

§ 5. Допускаемые напряжения для дерева.

Лесной материал отличается неоднородностью. Свойства лесного материала зависят от породы дерева, от возраста и от условий произрастания. В виду этого прочность лесного материала представляется далеко не такою определенною величиною, как прочность железа. Поэтому установление норм для допускаемых напряжений дерева весьма затруднительно. По той же причине следует вести разсчет деревянных мостов возможно проще, избегая сложных теорий и способов, сопряженных с длинными выкладками.

Допускаемые напряжения для деревянных мостов и подмостей, согласно приказу М. П. С. отъ 16 окт. 1913 г. за № 96.

а) для **постоянных** мостов железнодорожных и шоссейных.

При действии только вертикальной нагрузки, допускаемое напряжение в к./см.²	Сосна и ель		Дуб
	обыкновенного качества.	лучшаго качества. с времен. сопротивл. разрыву не менее	
		800 к./см.²	960 к./см.²
на **растяжение** вдоль волокон (непосредственное)	100	120	140
на **сжатие** вдоль волокон непосредственное . . .	55	65	75
„ „ поперек волокон	15	20	40
на **изгиб** нормальныя напряжения	70	80	100
„ „ скалывающия напряж. вдоль волокон .	15	20	30
на **скалывание** вдоль волокон (непосредственное)	$7^1/_2$	10	15

При совместном действии вертикальной нагрузки и ветра, в сквозных фермах вышеуказанные напряжения могут быть повышены на 15%.

в) Для **временных** мостов, железнодорожных и шоссейных, напряжения, указанные в таблице, могут быть повышены на 25%.

с) Для **подмостей** напряжения, указанные в таблице, могут быть повышены на 50%.

Примечание к таблице: Указанные для сосны и ели лучшаго качества, а также дуба, допускаемые напряжения относятся к лесу высокаго качества. Применение этих норм требует удостоверения в достаточности временнаго сопротивления употребляемаго леса разрыву или раздроблению, причем временное сопротивление смятию можно принимать равным 0,5 временного сопротивления разрыву, а нормальное сопротивление растяжению при изгибе 0,65 сопротивления разрыву (непосредственному).

В 1919—20 г. вышеуказанные напряжения немного повышены в связи с увеличением веса поезда, принимаемаго для расчета деревянных мостов. Из ряда проектов, утвержденных Техническим Управлением Н. К. П. С по протоколам № 6 от 16 января 1920, № 15 от 3 марта 1920 и № 25 от 8 мая 1920 г. заимствуем следующие допускаемые напряжения для сосны и дуба обыкновеннаго качества, относящиеся к мостам постоянного типа.

При действии только вертикальной нагрузки допускаемое напряжение.	Сосна к./см.²	Дуб к./см.²
на **растяжение** вдоль волокон непосредственное	110	140
на **сжатие** вдоль волокон непосредственное	70	80
на **смятие** вдоль волокон при глубине врубки до 2 см. . . .	50	60
„ „ „ „ при глубине врубки до 4 см. . . .	40	50
на **смятие поперек** волокон	20	50
„ „ „ под шайбами болтов	30	—
на **изгиб** нормальные напряжения	80	100
„ „ скалывающие напряжения вдоль волокон	20	—
на **срезывание** нагелей поперек волокон	—	65
на **скалывание** вдоль волокон непосредственое	10	15

При совместном действии вертикальной нагрузки и ветра в сквозных фермах вышеуказанные напряжения повышаются на 15%.

Для железных частей допускается при действии только верт. нагрузки:

на растяжение железных тяжей . . . . . 750 к./см.²

тоже при наличии стяжных муфт . . . . . 600 к./см.²

на растяжение стыковых накладок . . . . . 900 к./см.²

на срезывание . . . . . 600 к./см.²

Допускаемые напряжения на продольный изгиб. Чтобы получить допускаемое напряжение на продольный изгиб, надо основное допускаемое напряжение для сжатия помножить на коэффициент φ. Этот коэффициент можно определить по одной из формул Навье, Эйлера и Тетмайера. Из них только формула Эйлера имеет строго теоретическое обоснование; но она применима только в тех случаях, когда напряжение материала не превышает предела упругости, или когда значение l/r больше 100. Формула Тетмайера, выведенная на основании опытов, дополняет формулу Эйлера за пределом упругости и применима в тех случаях, когда отношение l/r меньше 100. Формула Навье выведена эмпирически и применяется без ограничений.

1. **Формула Эйлера.** Опыты показали, что формула Эйлера применима только для длинных стержней, при отношениях $l/r > 100$ (для хвойного дерева). Введем следующие обозначения:

l — в см. расчетная длина сжатого стержня,

J — в см.⁴ (brutto) наименьший момент инерции поперечного сечения стержня,

ω — в см.² (brutto) площадь поперечного сечения стержня,

$r = \sqrt{J/\omega}$ в см. радиус инерции сечения,

$E = 100000$ к./см.² коэффициент упругости для хвойного дерева,

β — в к./см.² ломающее напряжение при продольном изгибе,

230 к./см.² временное сопротивление при сжатии для хвойного дерева,

R — в к./см.² допускаемое напряжение при сжатии,

$R_1 = \varphi . R$ — в к./см². допускаемое напряжение при продольном изгибе.

Для сжатого стержня со свободно-вращающимися концами, ломающее усилие P определяется по основной формуле Эйлера: $P = \frac{E . J . \pi^2}{l^2}$.

Подставляя $J = \omega . r^2$, получаем $P = E . \omega . \pi^2 (r/l)^2$, откуда ломающее или временное напряжение при продольном изгибе: $\beta = \frac{P}{\omega} = E . \pi^2 \left(\frac{r}{l}\right)^2$.

При $E = 100000$ к./см.^{2} получаем для хвойного дерева

$$\beta = \frac{986\ 970}{(l/r)^2} \text{ к./см}^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

В случае продольного изгиба, должно существовать то же отношение между ломающим и допускаемым напряжением (т. е. тот же запас прочности), как в случае простого сжатия, т. е.

$$\frac{\beta}{R_1} = \frac{280}{R}, \text{ откуда } \frac{R_1}{R} = \frac{\beta}{280} = \varphi \quad \ldots\ldots (2)$$

Подставляя сюда значение β из уравнения (1), получаем коэффициент φ по Эйлеру:

$$\varphi = \frac{986\ 970}{290(l/r)^2} = \frac{3525}{(l/r)^2} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Это значение φ относится к тому случаю, когда в рассчет вводятся сечения brutto. Если сжатые стержни расчитывать по их сечению netto, как принято у нас, то ломающее напряжение β или коэффициент φ можно повысить на 15%, если ослабление сечения составляет 15% от всей его площади.

Для **круглого** сечения диаметром d: $r = \sqrt{\frac{\pi . d^4 . 4}{64 . \pi . d^2}} = \frac{d}{4}$ или $\frac{l}{r} = 4\frac{l}{d}$

Для **прямоугольного** сечения высотою h в плоск. изгиба: $r = \sqrt{\frac{b . h^3}{12 . b . h}} = \frac{h}{3{,}46}$ или $\frac{l}{r} = 3{,}46\frac{l}{h}$. (4)

Подставляя эти значения l/r в формулу (3), получаем

для круглого сечения $$\varphi = \frac{3525}{16\ (l/d)^2} = \frac{220}{(l/d)^2} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

для прямоугольного сечения $$\varphi = \frac{3525}{3{,}46\ (l/h)^2} = \frac{295}{(l/h)^2} \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

Если, вместо общей формулы (3), пользоваться этими формулами то упрощается расчет, так как не надо вычислять радиуса инерции сечения.

2. **Формула Тетмайера**. При малой длине стержня, т. е. при значении $l/r < 100$, напряжения превышают предел упругости, появляются остающиеся деформации и формула Эйлера непригодна. На основании опытов Тетмайер предложил следующую формулу для ломающаго напряжения хвойного дерева:

$\beta = 293 - 1{,}94 \,.\, l/r$ в к./см.^{2} (уравнение прямой).

Согласно формуле (2) коэффициент $\varphi = \frac{\beta}{280} = 1{,}05 - 0{,}0069 \,.\, l/r$ (7).

Коэффиціенты φ уменьшения допускаемаго напряженія при продольном изгибе.

КРУГЛОЕ СЕЧЕНИЕ. d—диаметр круглаго сечения.						ПРЯМОУГОЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ. h—высота бруса в плоскости изгиба.					
l/d	φ по Навье	φ по Тетмайеру	l/d	φ по Навье	φ по Эйлеру	l/h	φ по Навье	φ по Тетмайеру	l/h	φ по Навье	φ по Эйлеру
3	0,98	0,97	25	0,38	0,35	3	0,98	0,98	29	0,38	0,35
4	0,96	0,94	26	0,37	0,33	4	0,97	0,95	30	0,37	0,33
5	0,94	0,91	27	0,35	0,30	5	0,95	0,93	31	0,35	0,31
6	0,92	0,88	28	0,33	0,28	6	0,94	0,91	32	0,34	0,29
7	0,89	0,85	29	0,32	0,26	7	0,91	0,88	33	0,32	0,27
8	0,86	0,83	30	0,30	0,24	8	0,89	0,86	34	0,31	0,26
9	0,83	0,80	31	0,29	0,23	9	0,87	0,83	35	0,30	0,24
10	0,80	0,77	32	0,28	0,21	10	0,84	0,81	36	0,29	0,23
11	0,76	0,74	33	0,26	0,20	11	0,81	0,79	37	0,28	0,22
12	0,73	0,71	34	0,25	0,19	12	0,78	0,76	38	0,27	0,20
13	0,70	0,69	35	0,24	0,18	13	0,76	0,74	39	0,26	0,19
14	0,67	0,66	36	0,23	0,17	14	0,73	0,71	40	0,25	0,18
15	0,63	0,63	37	0,22	0,16	15	0,70	0,69	41	0,24	0,18
16	0,60	0,60	38	0,21	0,15	16	0,67	0,67	42	0,23	0,17
17	0,57	0,57	39	0,20	0,14	17	0,64	0,64	43	0,22	0,16
18	0,55	0,55	40	0,20	0,14	18	0,62	0,62	44	0,21	0,15
19	0,52	0,52	41	0,19	0,13	19	0,59	0,59	45	0,20	0,15
20	0,49	0,49	42	0,18	0,12	20	0,57	0,57	46	0,20	0,14
21	0,47	0,46	43	0,17	0,12	21	0,54	0,55	47	0,19	0,13
22	0,45	0,43	44	0,17	0,11	22	0,52	0,52	48	0,18	0,13
23	0,42	0,41	45	0,16	0,11	23	0,50	0,50	49	0,18	0,12
24	0,40	0,38	46	0,16	0,10	24	0,47	0,47	50	0,17	0,12
25	0,38	0,35	47	0,15	0,10	25	0,45	0,45	51	0,17	0,11
			48	0,14	0,10	26	0,43	0,43	52	0,16	0,11
			49	0,14	0,09	27	0,42	0,40	53	0,16	0,11
			50	0,14	0,09	28	0,40	0,38	54	0,15	0,10
			51	0,13	0,08	29	0,38	0,35	55	0,15	0,10
			52	0,13	0,08				56	0,14	0,09
			53	0,12	0,08				57	0,14	0,09
			54	0,12	0,08				58	0,13	0,09
			55	0,11	0,07				59	0,13	0,08
			56	0,11	0,07				60	0,13	0,08
			57	0,11	0,07				61	0,12	0,08
			58	0,10	0,07				62	0,12	0,08
			59	0,10	0,06				63	0,12	0,07
			60	0,10	0,06				64	0,11	0,07
			61	0,09	0,06				65	0,11	0,07
			62	0,09	0,06				66	0,11	0,07
			63	0,09	0,06				67	0,10	0,07
			64	0,09	0,05				68	0,10	0,06
			65	0,08	0,05				69	0,10	0,06
			66	0,08	0,05				70	0,10	0,06

Преимущество этой таблицы заключается в том, что не надо вычислять момента или радиуса инерции сечения, так как коэффициенты φ определяются для круглаго сечения по диаметру d, а для прямоугольнаго сечения—по высоте h бруса в плоскости изгиба.

Подставляя значения l/r из формул (4), получаем

для круглаго сечения: $\varphi = 1{,}05 - 0{,}028 \,.\, l/d$ . . . . . (8)

для прямоугольнаго сечения: $\varphi = 1{,}05 - 0{,}024 \,.\, l/h$ . . . . . (9)

При выводе своей формулы Тетмайер делил ломающий груз на площадь brutto сечения стержня. Если сжатые стержни разсчитывать по их сечению netto, как принято у нас, то можно повысить коэффициент φ на 15%, если ослабление сечения составляет 15% от всей его площади.

3. **Формула Навье.** (Шварца, Ренкина). По этой эмпирической формуле получаем для дерева коэффициент $\varphi = \frac{1}{1 + 0{,}00016\,(l/r)^2}$ . . . . . (10)

Подставляя сюда значения l/r из формул (4), получаем

для круглаго сечения $\varphi = \frac{1}{1 + 0{,}00256.(l/d)^2}$ . . . . . (11)

для прямоугольнаго сечения $\varphi = \frac{1}{1 + 0{,}00192.\,(l/h)}$ . . . . . (12)

В таблице на стр. 25 помещены коэффициенты φ, вычисленные по формулам 5, 6, 8, 9, 11 и 12 и соответствующие разным значениям l/d и l/h.

ГЛАВА II.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ.

Мостом называется сооружение, служащее для проведения дороги над рекой. Если мост перекрывает сухой овраг или дорогу, он называется путепроводом или виадуком. Трубами называются мосты, покрытые сверху земляною насыпью и предназначенные для пропуска воды.

Всякий мост состоит из опор и пролетного строения. Опоры делятся на устои или концевые опоры и быки, или промежуточные опоры. Расстояние в свету между устоями называют отверстием моста, а расстояние между двумя смежными опорами - пролетом.

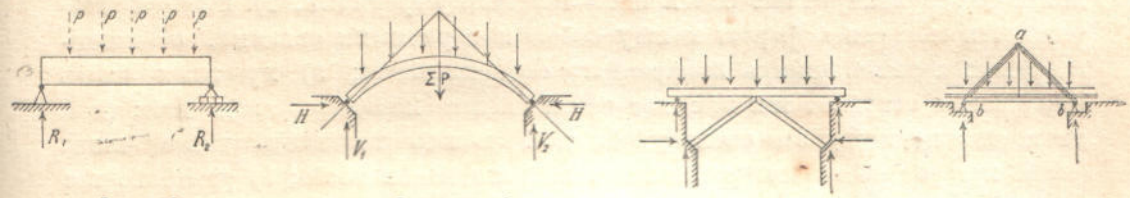
Пролетным строением моста называют совокупность всех частей моста за исключением опор. Оно состоит 1) из ферм, расположенных вдоль моста и передающих опорам нагрузку моста и 2) из поперечной конструкции, вмещающей в себе все части пролетного строения, поддерживаемые фермами.

Фермы состоят из поясов (верхнего и нижнего) и из заполнения или стенки между ними. Сквозная стенка фермы называется решеткою. Простейший тип ферм со сплошною стенкою представляют простые балки или прогоны из брусьев или бревен.

Поперечная конструкция состоит из проезжей части, из тротуаров с перилами и из связей между фермами. Проезжая часть образуется из: а) поперечных балок, опирающихся на фермы, в) продольных балок, расположенных параллельно фермам и опирающихся на поперечные балки, с) мостового полотна. Связи между фермами бывают продольные, располагаемые вдоль моста от одной опоры до другой, и поперечные, располагаемые поперек ферм в вертикальных или наклонных плоскостях.

§ 6. Классификация ферм.

Смотря по тому, как направлено давление, которое фермы передают опорам, следует различать балочные фермы и фермы с распором. Балочные фермы отличаются тем, что при действии вертикальной нагрузки они передают опорам только вертикальное давление, между тем как в фермах с распором эти давления направлены наклонно и могут быть разложены на вертикальную и горизонтальную составляющие. Последняя называется распором. В фермах подкосной (фиг. 12) и арочной (фиг. 11) системы распор направлен внутрь пролета. Висячие фермы с обратным направлением распора не встречаются в деревянных мостах. В подвесных фермах (фиг. 13) распор уничтожается затяжкою, которая связывает нижние концы ног, так что опоры получают только вертикальное давление.



Фиг. 10. Фиг. 11. Фиг. 12. Фиг. 13.

Кроме указанных в фиг. 10 до 13 четырех основных систем, встречаются еще такие фермы, которые представляют комбинацию двух основных систем.

Влияние строительной высоты на положение проезжей части.

Смотря по положению проезжей части относительно ферм, различают мосты с ездою по верху и мосты с ездою по низу. Мостами с ездою по верху называются те, в которых проезжая часть расположена над верхним поясом ферм или в пределах его высоты. Мостами с ездою по низу называют все те, в которых проезжая часть помещается между фермами и опущена ниже их верхняго пояса на столько, что необходимо раздвинуть фермы на полную ширину габарита. Мосты с ездою по середине правильнее не выделять в особую категорию, так как трудно определить границу между ними и мостами с ездою по низу.

Если только позволяют местные условия, следует стремиться к устройству мостов с ездою по верху, которые при малых и средних пролетах обходятся дешевле. Мосты с ездою по низу следует применять только в тех случаях, когда мосты с ездою по верху оказываются невозможными, или более невыгодными, вследствие недостаточной высоты ферм. Применение моста с ездою по верху или по низу зависит от строительной высоты, соответствующей месту постройки моста.

Строительною высотою называют разность отметок полотна и низшей точки пролетнаго строения, взятых в одном и том же поперечном сечении моста. Если поверхность полотна параллельна нижнему очертанию ферм, то строительная высота остается постоянною на протяжении всего пролета. Если нижний пояс имеет криволинейное очертание, не параллельное полотну моста, то строительная высота меняет свою величину на протяжении пролета и может быть наибольшею по средине пролета или на опорах.

Отметка полотна получается из продольного профиля дороги, проходящей по мосту. Отметка низшей точки пролетного строения назначается в зависимости от горизонта высоких вод, от судоходства или от габарита нижележащей дороги.

Чем больше строительная высота, тем лучше и дешевле можно выполнить конструкцию пролетнаго строения моста.

I случай. Если заданная строительная высота больше необходимой высоты ферм, можно поместить фермы под проезжею частью и устроить мост с ездою по верху. При малых и средних пролетах этот тип самый выгодный и имеет следующие преимущества:

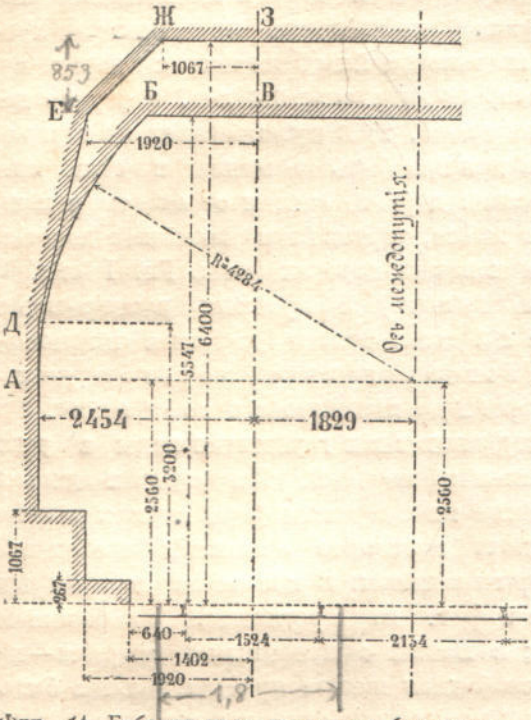
1) фермы могут быть сближены до наименьшаго предела, допускаемаго устойчивостью пролетнаго строения, вследствие чего уменьшаются длина и вес поперечных балок и связей между фермами, 2) имеется возможность соединить фермы между собою поперечными связями, обезпечивающими неизменяемость поперечнаго сечения моста; 3) проезжая часть совершенно открыта, так как все части моста находятся под нею; для движения по мосту это очень удобно; 4) можно поставить такое число ферм, которое соответствует наименьшей стоимости моста; 5) уменьшается высота и ширина опор моста.

II случай. Если заданная строительная высота меньше необходимой высоты ферм, то проезжую часть приходится помещать между фермами, устраивая мост с ездою по низу. Мосты с ездою по низу бывают закрытые и открытые. Закрытыми называют такие мосты, над проезжею частью которых устроены связи для взаимного соединения ферм. В открытых мостах верхние связи отсутствуют. Мосты с ездою по низу уступают мостам с ездою по верху по следующим соображениям: 1) В закрытых мостах устройство поперечных связей из сквозных диагоналей невозможно, так как поперечное сечение моста должно оставаться открытым. При большой высоте ферм свободное место выше габарита может быть использовано для устройства неполных поперечных связей, но последние менее действительны, чем связи из сквозных диагоналей. В наихудших условиях находятся открытые мосты, т. к. сжатые верхние пояса ферм не удерживаются никакими связями. 2) Расстояние между фермами получается значительно больше, чем в мостах с ездою по верху, отчего усложняется конструкция проезжей части и увеличивается ее вес.

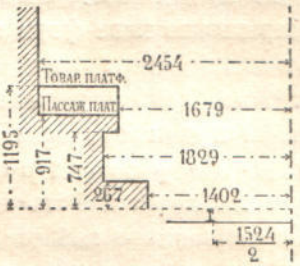
§ 7. Основные размеры мостов.

Ширина моста зависит от расположения езды по верху или по низу и определяется по габариту предельного приближения строений к путям (фиг. 14 и 15). Здесь линия АДЕЖЗ соответствует высоте в 6,40 м., или 3,0 саж. и показывает допускаемое приближение деревянных частей мостов (подкосов, связей и т. д.). Согласно фиг. 14 наименьшее расстояние в свету между перилами для мостов с ездою по верху или между фермами для мостов с ездою по низу, составляет при одном пути 4,908 м. Так как при указанной ширине моста по обе стороны от габарита подвижного состава остается по 0,747 м., то человек, прислонившийся к перилам не

будет задет проходящим мимо него поездом. Относительно расстояния между фермами можно заметить, что в мостах с ездою по низу оно определяется приведенными числами, так как к большему расстоянию прибегать не приходится. Что касается мостов с ездою по верху, то расстояние между фермами определяется экономическими соображениями относительно их числа и размеров, причем расстояние между крайними фермами может быть и меньше расстояния между перилами, если устойчивость моста на опрокидывание ветром обеспечена коэффициентом запаса



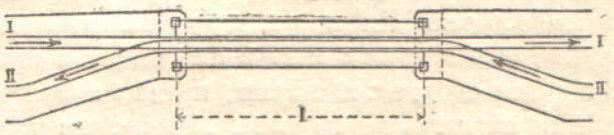
Фиг 14. Габарит предельного приближения строений к путям вне станций.



Фиг. 15. Тот же габарит на станциях. Размеры в миллиметрах.

1,25—1,50. Во всяком случае расстояние между крайними фермами должно быть больше ширины колеи (5′) на 1 фут, т. е. $\geqslant$ 1,8 м.

На двупутных участках ширина моста может быть уменьшена до ширины однопутного моста, если на мосту устроить сплетение путей. Согласно фиг. 16 путь I уложен на мосту по прямой, а путь II сплетается с путем I и проходит по мосту без перерыва. В местах пересечения рельсов уложены крестовины, по одной в каждом конце моста. На мосту рельсы обоих путей уложены рядом и с небольшим зазором. Чтобы обезпечить безопасность движения на каждом конце моста устанавливают семафоры, блокировочные аппараты и пр.



Фиг. 16.

Высота проезда в закрытых мостах. Для железнодорожных мостов широкой колеи наименьшая высота проезда, считая от рельсов до верхних связей между фермами, дана в утвержденном габарите предельного приближения строений к путям и равна 3,0 саж. или 6,40 м. для деревянных мостов, причем подкосы и другие части связей не должны выступать за очертание вышеуказанного габарита.

Возвышение низа ферм путепроводов над нижележащею дорогою определяется в зависимости от требуемой высоты проезда под путепроводом. 1) В путепроводах над путями железной дороги наименьшая высота проезда в свету определяется размерами габарита предельного приближения строений к путям и для ширококолейных железных дорог составляет, считая над уровнем рельсов, 3,0 саж. или 6,4 мет. в случае деревянного пролетнаго строения путепровода. 2) В путепроводах над проезжею дорогою высота проезда должна быть не менее 2 саж. или 4,267 мет. в пределах ширины проезжей дороги, считая от ея оси в каждую сторону, не менее 1,10 саж. на шоссе, торговых и почтовых дорогах и не менее 0,60 саж. на сельских и полевых дорогах (согл. Гл. I отд. V Свода распоряжений Мин. Пут. Сооб. 1900 г.). В арочных путепроводах следует назначать высоту проезда в 2,5 саж., считая до низа ключевой части арки. 3) В путепроводах над скотопрогонною дорогою достаточна высота в 1 саж., считая от дороги до низа пролетного строения.

Возвышение низа ферм мостов над наивысшим горизонтом воды в реке зависит от характера реки и движения по ней. На судоходных реках[4]) необходимо располагать самые низкие части ферм с таким разсчетом, чтобы при наивысшем судоходном горизонте оставался свободный проход для габарита судов с некоторым запасом. В мостах на деревянных опорах запас должен быть не менее 2 фут. на протяжении наибольшей ширины надводного габарита судов; в мостах с каменными опорами—не менее 4 фут, и, во всяком случае, свободная высота проезда должна быть не меньше 2,36 саж. на протяжении 10 саженной ширины каждого судоходного пролета. Независимо от высоты судов, низ балочных ферм, или внутренняя направляющая (в ключе) арочных ферм, не должны быть ближе, чем на 1,5 саж. от самого высокого горизонта вод. Если по экономическим или местным условиям поднятие ферм на необходимую высоту встречает препятствия, то в мостах устраиваются разводные пролеты или мачтопод'емные краны.

На сплавных реках возвышение низа пролетного строения над наивысшим горизонтом, при котором производится сплав, должно быть не менее 1,5 саж. На всех других реках, во избежание повреждения пролетного строения мостов плавающими предметами, необходимо придерживаться следующей нормы, предписанной техническими условиями для линий магистрального типа: „Пролетные части мостов отверстием больше 1 саж. должны быть настолько подняты над подпорным уровнем самых высоких вод, чтобы от верхней площадки подферменного камня до этого уровня воды было не менее 0,50 саж. Если нижний пояс ферм опущен ниже верхней площадки подферменного камня, то его расстояние до наивысшаго горизонта должно быть не менее 0,50 саж.“. Применительно к арочным мостам, следует понимать это требование так, что нижнее ребро

---

[4]) В „перечне внутренних водных путей Европейской России“, издававшемся Статистическим Отделом М. П. С., имеются сведения о сплавных и судоходных реках России.

На судоходных и сплавных реках возвышение низа мостов над горизонтом воды определяется всегда по соглашению с Местным Округом Путей Сообщения.

полферменной площадки должно возвышаться над наивысшим горизонтом не менее 0,50 сеж. В деревянных подкосных мостах можно располагать низ подкосов на 0,10 саж. выше наивысшего горизонта. В исключительных случаях, например когда прилегающие улицы расположены, лишь немного выше горизонта воды, вышеуказанные пределы 0,50 саж. возвышения понижаются до 0,10 саж.

ГЛАВА III.

РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ.

Нагрузка мостов бывает постоянная и временная. Постоянная нагрузка действует всегда вертикально и слагается из собственного веса ферм и связей между ними, из веса проезжей части, тротуаров и перил. Временная нагрузка бывает двух родов: 1) вертикальная, как-то: поезд, толпа людей, снег и пр. и 2) горизонтальная нагрузка от давления ветра и боковых ударов колес, а также центробежная сила в случае расположения моста на кривой. Мосты должны быть проектируемы с таким расчетом, чтобы самые невыгодные из возможных сочетаний нагрузок вызывали в элементах моста напряжения не больше допускаемых.

§ 8. Постоянная нагрузка железнодорожных мостов.

Вес проезжей части. Вес рельсов, охранных брусьев, настила, сближенных сосновых поперечин и перил составляет 650 до 800 кил. на пог. мет. моста. Вес продольных и поперечных балок в мостах с ездою по верху составляет 370 до 420 кил. на пог. мет. моста. Этими данными пользуются только для предварительных подсчетов, а при окончательном расчете вводится точный вес элементов проезжей части, так как их расчет ведется в последовательном порядке, начиная сверху и расчитывая последующие элементы, можно ввести точный вес всех выше лежащих и уже рассчитанных частей.

Собственный вес ферм принимают равномерно распределенным вдоль пролета. Этим весом надо задаться до расчета ферм. При этом можно руководствоваться весом подходящего существующего моста или же пользоваться эмпирическими формулами.

Вес мостов с прогонами из бревен.

Отверстие в свету сеж.	Длина прогонов.		Погонный вес в кил. на пог. мет. моста		
	Саж.	Мет.	всех прогонов и связей.	рельс и поперечин.	всего пролетного строения.
0,5	0,86	1,8	540	380	920
0,75	1,11	2,4	620	380	1000
1 0	1,46	3,1	810	380	1190
1,5	2,0	4,3	1120	380	1500
2,0	2 4	5,1	1670	380	2050

Вес новейших жел. дор. мостов системы Гау и Тауна, с ездою по верху, расчитанных на поезд из паровоза Декапод с америк. полувагонами при весе дерева 750 к/м³.

Система ферм.			Гау.				Тауна.	
Отверстие . . . . . саж.			10*)	10	10	15	8	10
Расчет. пролет . . . . мет.			22,8	22,6	22.5	33.5	18.2	23,1
Высота ферм . . . . . мет.			3,1	3,2	4 3	5 6	2,8**)	2,7
Число ферм			2	2	2	3	2	2
Погонный вес в кил. на пог. мет. моста.	Ферм	дерева	1227	1226	1223	1885	1194⁰)	966
		железа	308	273	238	349	53	60
	Связей	дерева	157	226	310	192	135	179
		железа	21	12	27	26	14	24
	Вес ферм и связей		**1713**	**1737**	**1798**	**2452**	**1396**	**1239**
	тоже по формуле α. l.		**75.*l***	**77.*l***	**80.*l***	**74.*l***	**77.*l***	**53.*l***
	продольн. и поперечн. балок.	дерева	251	372	370	397	—	—
		железа	17	5	3	10	—	—
	поперечин, настила, перил, рельсов	дерева	640	632	657	675	724	833
		железа	73	88	86	87	86	109
	Вес проезжей части		**931**	**1097**	**1116**	**1169**	**810**	**942**
	Полный вес пролетного строения		2694	2834	2914	3621	2206	2171

Эмпирические формулы для веса жел.-дор. ферм Гау и Рихтера.

Погонный вес в кил. на пог. мет.	Фермы Гау.	Фермы Рихтера.
поясов	$0{,}0052\ (p+k)\ \frac{l^2}{h}$	$0{,}0041\ (p+k)\ \frac{l^2}{h}$
решетки ферм	$0{,}0024\ (p+1{,}24.\ k)\ l$	$0{,}0026\ (p+1{,}24.\ k)\ l$

Погонный вес связей ж. д. мостов с ездою по верху:

продольных в плоскости одного пояса . . . . 40. h к/п. м.

поперечных . . . . . 40+20. h „

l в м.—расчетный пролет ферм

h в м —теоретическая высота ферм.

p в к. на п. м.—полная постоянная нагрузка.

k „ „ „ —временная нагрузка.

*) Этот мост расчитан на нормал. поезд 1884 г. и построен на Средне-Сибир. ж. д.

**) Небольшая высота ферм Тауна об'ясняется требованием перевозить эти фермы в собранном виде на ж. д. платформах.

⁰) Столь большой вес об'ясняется устройством многочисленных прокладок между досками решетки.

Вес жел.-дор. мостов с фермами Лембке, расчитанными на нормальный поезд 1884 года.

Длина ферм саж.	Расчетный пролет ферм.		Погонный вес кил. на пог. метр. моста.			Строител. высота саж.
	саж.	мет.	ферм и связей.	рельс, настила, поперечин.	всего пролет. строения	
6,5	6,1	13,0	910	590	1500	1,01
8,5	8,1	17,3	1140	590	1 30	1,43
10,5	10,1	21,5	1290	590	1880	1,62
12,7	12,2	26,0	1540	590	2130	1,69

Вес жел.-дор. мостов с фермами Лембке принятыми на Юго-Западных ж. д. и расчитанными на нормальный поезд 1896 г.

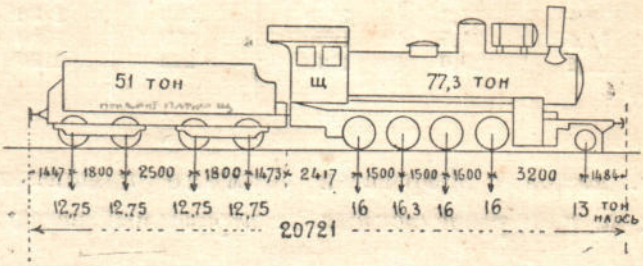
Отверстие в свету саж.	Длина ферм саж.	Полная высота ферм саж.	Число ферм.	Погонный вес кил. на пог. мет. моста			От подошвы рельса до низа опорных брусьев саж.
				ферм и связей.	рельс, поперечин, настила.	всего пролет. строения.	
3	3,45	0,65	2	540	550	1090	0,92
4	4,5	0.90	2	615	550	1165	1,18
5	5,7	0.90	2	710	550	1260	1,18
6	6,8	1,20	2	1070	550	1620	1,49
10	10,9	1,40	2	1210	550	1760	1,71
13	14,0	1,82	3	1950	650	2600	2.25
15	16,2	1,82	3	2260	650	2910	2,25

Вес жел.-дор. мостов с двумя фермами Лембке, расчитанными на нормальный поезд 1907 г.

Длина ферм		Высота ферм мет.	Погонный вес кил. на пог. мет. моста		
саж.	мет.		ферм и связей	рельс, настила, поперечин	всего пролет. строения.
4	8,5	1,8	1140	580	1720
5	10,7	1,8	1075	580	1655
6	12,8	2,3	1280	580	1860
7	14,9	2,3	1315	580	1895
8	17,1	2,8	1440	580	2020
9	19,2	3,1	1680	580	2260
10	21,3	3,4	1760	580	2340
11	23,5	3,6	1820	580	2400

§ 9. Расчетные поезда для ширококолейных дорог.

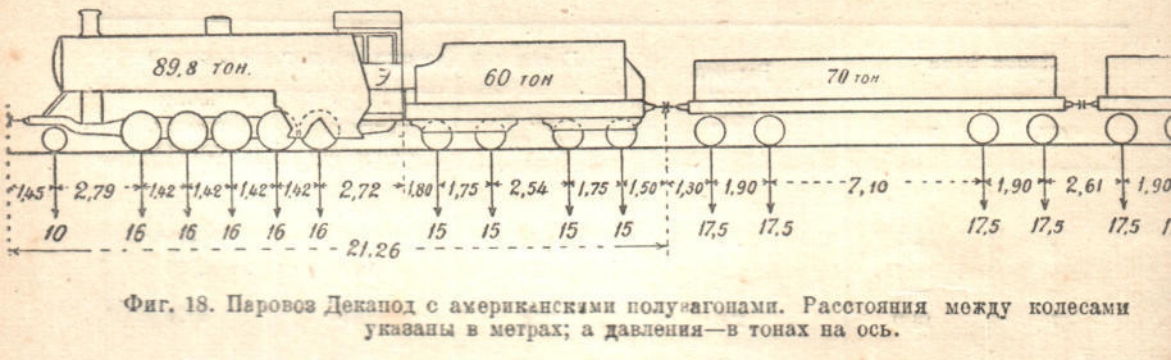
Согласно § 2 Гл. VI Отд. IV Свода распоряжений М. П. С. деревянные железнодорожные мосты должны быть расчитываемы на поезд, ведомый двумя наиболее тяжелыми паровозами, обращающимися на дороге. Во время последней войны расчет деревянных мостов стали производить на паровозы сер. Щ, которые на многих железных дорогах являлись наиболее тяжелыми паровозами. Согласно фиг. 17 паровоз сер. Щ имеет 4 оси с



Фиг. 17. Паровоз сер. Щ.

давлением в 16 до 16,3 тон. на ось и один бегунок с давлением в 13 тон. Тендер имеет 4 оси с давлением в 12,75 тон. Давления на быки и устои, а также наибольшие изгибающие моменты, вызываемые паровозами сер. Щ при разных пролетах ферм от 1 до 25 м., приведены в таблицах на стр. 36 и 38.

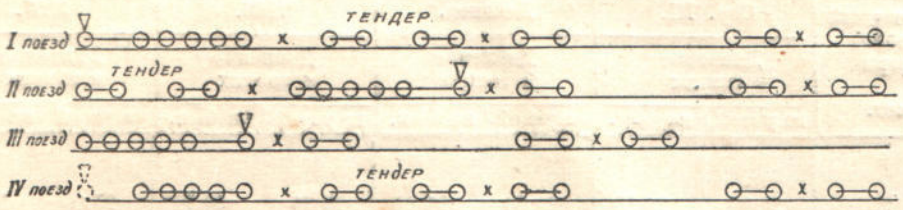
Начиная с 1919 г., когда на многих железных дорогах появились новые американские паровозы сер. Е (декапод), перешли к расчету деревянных мостов на поезд, составленный из одного паровоза декопод и американских полувагонов с давлением на оси по 17,5 тон. Согласно фиг. 18 паровоз декапод имеет 5 осей с давлением по 16 тон. на ось и один бегунок с давлением в 10 тон. Тендер имеет 4 оси с давлением по 15 тон.



Фиг. 18. Паровоз Декапод с американскими полувагонами. Расстояния между колесами указаны в метрах; а давления—в тонах на ось.

Давления на быки и устои, а также наибольшие изгибающие моменты, вызываемые этим поездом при разных пролетах ферм от 1 до 25 мет., приведены в таблицах на стр. 36 и 38. Чтобы облегчить расчет опорных реакций, поперечных сил и изгибающих моментов, вызванных поездами с декаподом, составлена следующая таблица:

Таблица для поездов из одного паровоза „декапод“ и американских полувагонов.



I поезд				II поезд.				III поезд.				IV поезд.			
n	l мет.	$\sum_1^n P$ тон.	M_n тон.м.	n	l мет.	$\sum_1^n P$ тон.	M_n тон.м.	n	l мет.	$\sum_1^n P$ тон	M_n тон.м.	n	l мет	$\sum_1^n P$ тон.	M_n тон.м.
1	0	10	0	1	0	15	0	1	0	16	0	1	0	16	0
2	2·79	26	27,90	2	1,75	30	26,25	2	1.42	32	22,72	2	1.42	32	22,72
3	4·21	42	64.82	3	4,29	45	102.45	3	2,84	48	68.16	3	2 84	48	68.16
4	5·63	58	124,46	4	6 04	60	181,20	4	4.26	64	136.32	4	4.26	64	136.32
5	7·05	74	206,82	5	9,84	76	409,20	5	5,68	80	227.20	5	5,68	80	227,20
6	8·47	90	311,90	6	11,26	92	517,12	6	8,47	90	450,40	6	9,48	95	531,20
7	12·27	105	653.90	7	12,68	108	647,76	7	11,22	107,5	697,90	7	11,23	110	697.45
8	14·02	120	837.65	8	14.10	124	801.12	8	13.12	125	902.15	8	13.77	125	976.85
9	16·56	135	1142,45	9	15,52	140	977,20	9	20,22	142,5	1789.65	9	15,52	140	1195,60
10	18·31	150	1378,70	10	18,31	150	1367,8	10	22,12	160	2060,40	10	18,32	157,5	1587,60
11	21·11	167,5	1798,70	11	21 06	167,5	1780,3	11	24.73	177,5	2478,00	11	20,22	175	1886.85
12	23·01	185	2116,95	12	22.96	185	2098,55	12	26,63	195	2815.25	12	27.32	192,5	3129.35
13	30·11	202,5	3430.45	13	30,06	202,5	3412.05	13	33,73	212,5	4199,75	13	29,22	210	3495.10
14	32·01	220	3815,20	14	31,96	220	3796,80	14	35.63	230	4603,50	14	31.83	227.5	4043.20
15	34·62	237,5	4389,40	15	34,57	237,5	4371,0	15	38,24	247,5	5203,80	15	33,73	245	4475,45
16	36.52	255	4840,65	16	36.47	255	4822.25	16	40,14	265	5674.05	16	40,83	262,5	6214.95
17	43·62	272,5	6651,15	17	43.57	272,5	6632.75	17	47,24	282,5	7555.55	17	42,73	280	6713.70
18	45,52	290	7168.90	18	45,47	290	7149,55	18	49,14	300	8092,30	18	45.34	297,5	7444,50
19	48.13	307,5	7925.80	19	48,08	307,5	7906,45	19	51,75	317,5	8875,30	19	47,24	315	8009.75
20	50 03	325	8510,05	20	49,98	325	8489,75	20	53,65	335	9478,55	20	54,34	332,5	10246,25

Обозначения:

n — номер колеса.

l — расстояние от n-го колеса до первого.

$\sum_1^n P$ — сумма первых n грузов.

M_n — момент всех грузов относительно последнего колеса.

Значения ΣP и M расчитаны по давлению осей, а не колес. Если мост имеет 2 фермы, то на каждую из них приходится половина значений Mn, расчитанных по этой таблице.

Наибольшие давления на быки и устои от поездов разного типа широкой колеи.

Расчетный пролет ферм мет.	Сер. Щ. Давление в тоннах на устой.	Сер. Щ. Давление в тоннах на бык.	Декапод. Давление в тоннах на устой.	Декапод. Давление в тоннах на бык.	1896. Давление в тоннах на устой.	1896. Давление в тоннах на бык.	1907. Давление в тоннах на устой	1907. Давление в тоннах на бык.
2	20,08	24,30	20,64	25,28	20,25	30,76	25,00	30,00
3	24,30	32,30	25,28	34,56	25,50	40,50	30,00	40,00
4	30,18	39 79	30,96	45,92	30,75	45,36	37,50	55,00
5	35,90	45,21	36,74	52,74	36,60	50,30	44,00	64,00
6	39,96	50 56	42,13	57.90	40,50	56,52	50,00	70,00
7	43,43	54,34	47,54	63,25	43,30	58 42	57,15	78,60
8	46,37	57,71	51,60	68,47	45,38	70,48	62,50	90,00
9	49,80	61,33	55.41	74.75	47 84	76,23	66,67	100,00
10	52,55	64,25	58,87	81,03	50,30	82,30	72,00	110,00
11	55,14	68,12	61,70	87,43	53,46	88,33	77,28	119,50
12	58,69	76,85	65,18	94,29	56,50	94,32	82,50	127,00
13	60,55	83,56	68,63	100,48	59.66	99,71	88,46	135,80
14	62.72	90,03	72,30	106,52	63,43	104,58	94,29	144,40
15	65,60	98,13	75,81	111,75	67,20	109,95	100,00	151,80
16	68,61	102,34	78,93	116,33	70,50	115,36	106,25	158,70
17	71,81	109,13	82,52	120,37	73.35	120,70	111,76	165,30
18	75,42	111,91	85,71	124,56	76,21	125.64	116,67	171,60
19	79.12	119,11	89,20	128,70	78,79	130,34	121,50	177,70
20	82,83	128,81	92,61	133,27	82,28	134,80	125,70	183,30
21	86,28	134,80	96,35	137,84	85,00	139,02	130,24	189,00
22	89,36	140,17	99 93	142 53	88,60	143,22	134,70	194,00
23	92,55	145,45	103,19	147,42	91,30	147,20	139,10	199,88
24	95,66	150,95	106,18	151,90	94,32	151,20	143,90	205,10
25	98,91	156,05	108,93	156,02	97,00	157,50	148,38	210,08

Эта таблица служит для расчета быков и устоев ширококолейных жел. дорог. Все давления указаны в тоннах и соответствуют давлению осей, а не колес, т. е. давлэнию, передаваемому быку или устою обеими фермами моста. В этой таблице приняты следующие обозначения:

Сер. Щ.—поезд из двух паровозов сер. Щ. согласно фиг. 17.

Декапод—поезд из одного паровоза—декапод и американских полувагонов согласно фиг. 18.

1896—нормальный поезд 1896 года из двух паровозов.

1907—нормальный поезд 1907 года из двух паровозов.

Наибольшие давления на быки и устои от поездов разного типа узкой колеи.

Расчетный пролет ферм. мет.	Два паровоза № 1 по 12 тон. с вагонетами в 14 тон. Давление в тоннах		Один паровоз № 3 или № 4 с вагонетами в 14 тон. Давление в тоннах	
	на устой.	на бык.	на устой.	на бык.
2	7,50	9,00	9,44	13,77
3	9,00	10,00	13,13	18,56
4	9,75	10,29	14 94	17,08
5	10,23	12,44	15,33	18,19
6	12,86	15,09	16,27	20,75
7	12,92	17,36	17,57	22,71
8	14,07	19,43	19,24	24,05
9	15,17	20,51	21,16	27,44
10	16,47	23,09	23,03	29,59
11	17 53	24,47	24,42	31,46
12	18,67	25,80	25,92	33,38
13	19,64	27,85	27,19	35,20
14	20,74	31,08	28,42	37,50
15	21,91	31,45	29,53	38,21
16	22,93	33,12	30,78	39 82
17	23,84	35,09	31,94	41,26
18	24,84	36,75	33,01	42,71
19	25,92	38,26	34,20	44,22
20	26,87	40,52	35,36	45,58
21	27,87	42,37	36,41	47,33
22	28,92	43,90	37,41	48,98
23	29,98	45,88	38,46	50,74
24	30,91	47,73	39.55	52,35
25	31,86	50,95	40,69	54,04

В этой таблице все давления указаны в тоннах и соответствуют давлению осей, а не колес, т. е. давлению, передаваемому быку или устою обеими фермами моста.

Наибольшие изгибающие моменты в тон. мет. от поездов разного типа.

Расчетный пролет. мет.	Широкая колея				Узкая колея.	
	Сер. Щ.	Декапод	1896	1907	2 паровоза № 1 и вагонеты вес. 14 тон.	Паровоз № 3 или 4 и вагонеты вес. 14 тон.
						№ 3
1	4,08	4,38	—	—	—	1,77
2	8,15	8 75	10,00	10,00	3,00	3.71
3	13,54	13 98	15.00	16.88	6,00	8,83
4	24,30	25,28	25.50	30.00	9,00	13.77
5	36,37	36 17	37,27	44,50	12,00	18,95
6	49 24	51.84	52,10	61,80	15,00	23,95
7	64.26	7 .84	66.90	85,00	18,00	32.03
8	80.97	91,84	81,80	110,00	21.00	36.61
9	94.70	111.84	96,70	135,00	25,48	39,30 № 4
10	116.5	131,84	111,60	160,00	30,39	45,82
11	136 28	151,99	126.60	185,00	37,55	58.81
12	155,89	174.42	142,60	212,50	40,31	63,83
13	171,08	196,87	160,70	246 06	53,00	69,88
14	195.82	221.71	179,40	281,04	59,48	80,25
15	216,30	247,94	200,10	316.34	68,50	91,60
16	237.37	276.17	223,80	361,25	77,51	102,05
17	265,71	303.81	247,60	406,62	81,16	112,71
18	294,05	336,44	273.50	456,25	93.95	123,50
19	320.20	370,81	309.80	505.92	106.39	135,93
20	339,00	410,78	335 70	555,63	118,69	147,61
21	382 46	453,35	368,60	605,36	129,09	149,10
22	409,24	482.00	418,50	658.35	133,43	185,30
23	440.56	523,22	456.85	712.90	149.83	186.25
24	477,95	565,72	488.35	767,50	163.41	197,57
25	510 98	608,22	527,30	824,22	174,56	215,09

В этой таблице все моменты указаны в тон. мет. и относятся к д лению осей, а не колес. Приняты следующия обозначения:

Сер. Щ—поезд из двух паровозов серии Щ согласно фиг. 17.

Декапод—поезд из одного паровоза декапод и американских полувагонов согласно фиг. 18.

1896—нормальный поезд 1896 года из двух паровозов.

1907—нормальный поезд 1907 года из двух паровозов.

Эквивалентные нагрузки k для моментов по середине пролета, соответствующие поезду из одного паровоза декапод и американских полувагонов.

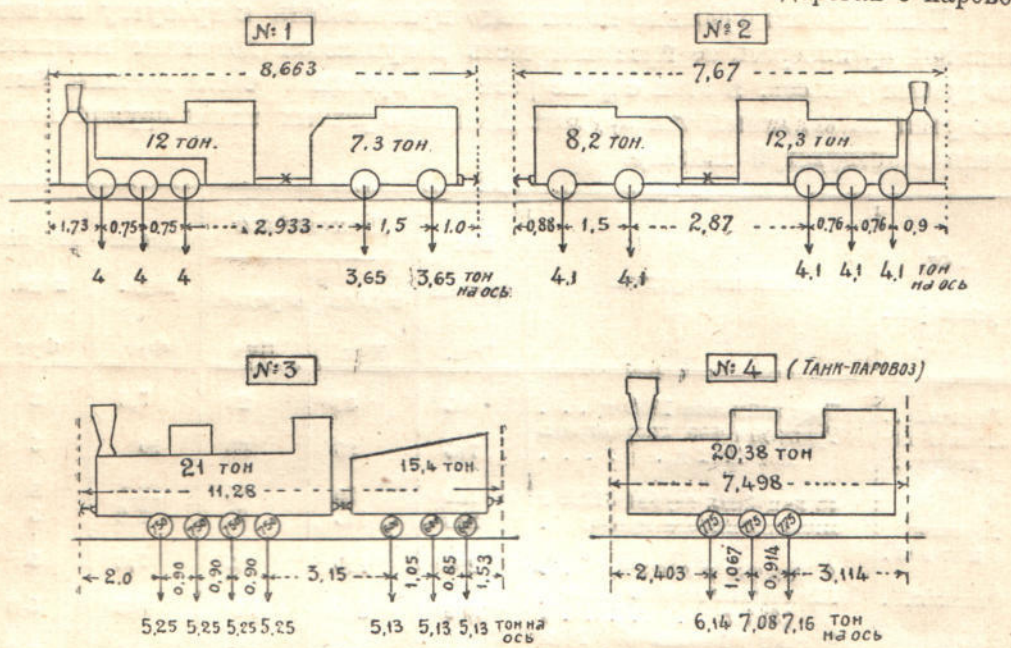
l	k	l	k	l	k
4	12,63	12	9,69	20	8.08
6	11.48	14	9.02	22	7,93
8	11,46	16	8,54	23	7,91
10	10,54	18	8,30	25	7,74

k—нагрузка в тон на пог. мет. двух ферм.

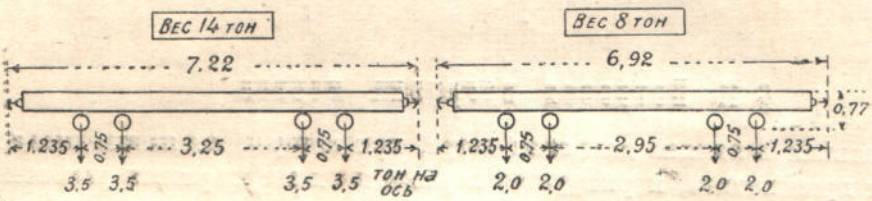
l—расчетный пролет в метрах.

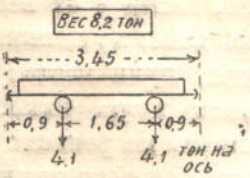
§ 10. Расчетные поезда для узкоколейных полевых дорог.

Для мостов на узкоколейных полевых железных дорогах с паровою



Фиг. 19. Паровозы узкоколейных полевых дорог.

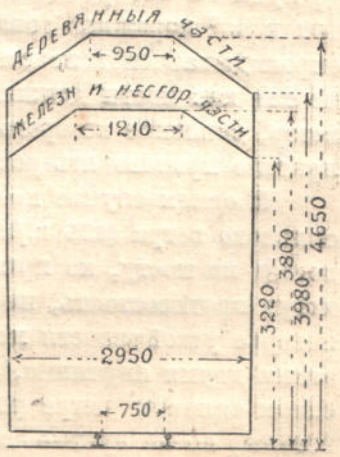




Фиг. 20. Вагонеты узкоколейных полевых дорог.

тягою (ширина колеи 75 см.) не установлено нормальнаго расчетного поезда и приходится руководствоваться схемами паровозов и вагонетов, указанными в фиг. 19 и 20. В случае применения паровозов № 1 или № 2 в состав расчетнаго поезда следует включить два паровоза, устанавливая их самым невыгодным образом, т. е. трубами вместе или врозь. Что касается паровозов № 3 и № 4, то они предназначаются для одиночной тяги и поэтому в состав расчетного поезда следует вводить только один такой паровоз.

Вагонеты бывают двух-осные или четырехосные (фиг. 20).



Фиг. 21.

Габарит. Для полевых дорог с шириной колеи в 75 см. установлены габариты, указанные в фиг. 21. Габарит

предельного приближения деревянных строений к путям имеет высоту 4,65 м., а для железных и несгораемых строений—3, 8 м.

Если железнодорожные мосты надо приспособить к пропуску по ним тяжелой артиллерии, то проезжая часть покрывается досчатым настилом до уровня рельсов. В этом случае размеры проезжей части должны быть поверены на заданный тип орудия. Данные о разных типах орудий помещены в следующей таблице.

Род артиллерии.	Название орудия.	Вес орудия. Пуд.	Давление оси задней. Пуд.	Давление оси передней Пуд.	Длина хода. Фут.	Ширина хода. Фут
Горная....	Трехдюймовое 1909 г. . . .	65	40	25	7,6	3
Легкая полевая...	Трехдюймовое скорострельное 1902 г.	125	65	60	10	5
	48 линейная гаубица 1909 г.	140	75	65	13,5	5
Тяжелая полевая.	Шестидюймовая пушка . .	240	145	95	7,8	5
	42 линейная пушка	200	115	85	7,8	5
Осадная...	Шестидюймовое орудие 1904 г.	355	210	145	8,3	5,8
Крепостная	Восьмидюймовая облегченная пушка	592	366	226	9,8	6,0

§ 11. Ветровая нагрузка мостов.

Предельная величина давления ветра, при которой движение поездов еще может происходить, нормируется в различных государствах различно, в зависимости от географического положения, от ширины колеи и от веса вагонов. По нормам бывшего М. П. С., при пяти-футовой колее предельное давление ветра, при котором возможно движение поездов, принимается в $^3/_4$ пуда на кв. фут (132 кл. на кв. мет.). При давлении ветра больше 132 к./м.^{2} порожние товарные вагоны уже не могут устоять на рельсах и опрокидываются, вследствие чего движение поездов становится невозможным, но так как мосты должны быть в состоянии выдержать и самый сильный ветер, давление которого предполагается в 235 к/м^2 ($^4/_3$ пуд. на фут.$_2$), то принято производить расчет мостов в двух предположениях.

В одном случае предполагается отсутствие поезда на мосту и действие сильного ветра (235 к./м.^{2}); в другом случае предполагается наличность поезда на мосту, но принимается слабый ветер в 132 к./м.^{2}, которому еще могут противостоять, не опрокидываясь, порожние товарные вагоны. При поверке устойчивости мостов на опрокидование, иногда не ограничиваются этими двумя случаями, а рассматривают еще третий случай, когда при самом сильном ветре (235 к./м.^{2}) на мосту случайно остановились товарные вагоны, но не пустые, а груженые настолько, чтобы они могли противостоять давлению ветра в 235 к./м.^{2}, чему соответствует вес вагонов 1791 к. на погон. мет. пути.

Ветровая нагрузка равняется произведению из давления ветра (в к /м.²) на площадь, подверженную действию ветра. Эта площадь слагается из трех частей: 1) из площади, представляемой фермами, 2) из площади проезжей части и 3) из площади поезда.

Рассмотрим отдельно каждую из этих площадей.

Площадь ферм. В мостах со сплошными фермами расчетную боковую поверхность обеих ферм принимают равною поверхности только передней фермы; давление на заднюю ферму, возможное при наклонном к горизонту направлению ветра, в расчет не вводится. Определение расчетной площади сквозных ферм затрудняется тем, что, кроме действительной площади передней фермы, следует принимать еще часть площади задней фермы, так как при косом направлении ветра передняя ферма закрывает заднюю только отчасти. Если известна действительная площадь f_1 передней фермы, полная площадь ω по контуру фермы, сумма просветов в решетке фермы $= \omega - f_1$, то площадь f_2 задней фермы можно определить по формуле $f_2 = \frac{\omega - f_1}{\omega} \cdot f_1$ Следовательно расчетная площадь F обоих ферм:

$$F = f_1 + f_2 = \left(2 - \frac{f_1}{\omega}\right) f_1.$$

При неточности применяемых способов расчета мостов точное определение поверхности сквозных ферм излишне и можно пользоваться приблизительными приемами. При фермах Гау расчетную площадь обоих ферм можно принимать $= 0{,}5 \cdot \omega$, где ω — полная площадь по контуру фермы. При фермах Тауна $F = \omega$, т. е. стенка рассматривается как сплошная.

Площадь проезжей части. Если все элементы проезжей части расположены выше или ниже пояса фермы, то все ее строение вводится в поверхность, подверженную давлению ветра. Если проезжая часть отчасти прикрывается поясом фермы, то в расчет площади вводится только та полоса проезжей части, которая не прикрыта поясом.

Площадь поезда принимается в виде сплошной полосы, которая считается от уровня рельсов и равна полной боковой поверхности подвижного состава, за вычетом промежутков между вагонами, пустот под вагонами и той площади подвижного состава, которая прикрыта переднею фермою. В мостах с ездою по низу высота полосы принимается меньше, чем в мостах с ездою по верху потому, что часть поверхности подвижного состава прикрыта переднею фермою.

Для мостов с ездою по верху высота полосы, заменяющей поезд, принимается 10 фут. или 3 метра. (по нормам М. П. С.). Для мостов с ездою по низу высота полосы, заменяющей поезд, определяется в зависимости от высоты ферм и равняется 3 м., при высоте ферм в 1 м., и 2, 3 м. при высоте ферм в 6,5 м.

Нагрузка, вызванная ветром, бывает двух родов: давление ветра на фермы и проезжую часть представляет постоянную нагрузку, а давление ветра на поезд—подвижную нагрузку, которая может быть или не быть и занимать весь пролет, или только часть его. В случае сильного ветра в 235 к/м², расчет ведется только на постоянную ветровую нагрузку, так как поезда не может быть на мосту.

В случае слабого ветра в 132 к/м.² надо считаться, как с постоянною, так и с подвижною ветровою нагрузкою. В следующей таблице указана величина погонных нагрузок в том и другом случае, причем F, f и Q обозначают расчетные поверхности обоих ферм, проезжей части и поезда на погон. мет моста.

Ветер.	Давление ветра к/м²	Поезд на мосту.	Погонная ветровая нагрузка (для верхних или нижних связей).	
			Постоянная.	Подвижная.
Сильный	235	не имеется	$Wp = 235\left(\frac{F}{2} + f\right)$	$Wk = 0$
Слабый.	132	имеется	$Wp = 132\left(\frac{F}{2} + f\right)$	$Wk = 132\,Q$

ГЛАВА IV.

ПРОЕЗЖАЯ ЧАСТЬ.

Проезжею частью моста называют все те его части, через которые давление колес поезда передается фермам. Проезжая часть состоит из рельсового пути и поддерживающих его балок. Балки бывают или только поперечные, или продольные в связи с поперечными балками. Пролет поперечных балок равен расстоянию между фермами; пролет продольных балок равен расстоянию между поперечными балками. В мостах с ездою по верху небольшого пролета рельсы почти всегда укладываются на поперечинах, которые опираются на прогоны или верхние пояса ферм. В мостах с ездою по низу, а также в мостах с ездою по верху большого пролета, расстояние между фермами настолько велико, что подрельсовые поперечины нельзя укладывать непосредственно на фермы; в этих случаях подрельсовые поперечины укладываются на две продольных балки, которые поддерживаются поперечными балками, опирающимися на фермы.

§ 12. Рельсы и их скрепления.

На мостах рельсовый путь должен быть устроен очень прочно; поэтому необходимо снабжать рельсовыми подкладками каждую поперечину и все шпалы перед мостом, на которых уложены охранные брусья или рельсы. Прикрепление рельсов производится помощью костылей или лучше шурупов, принимая меры, чтобы последние завинчивались, а отнюдь не заколачивались. В виду большого разнообразия рельсовых профилей, ограничимся сообщением данных о 4-х нормальных типах рельсов и скреплений, введенных М. П. С. в 1908 г.

Данные о стальных рельсах нормального типа 1908 г.

№ типа.	Теоретический вес рельса в фунт. на пог. фут.	Теоретический вес рельса в килогр. на пог. метр.	Размеры сечения рельса. Высота. (Миллиметры.)	Ширина подошвы. (Миллиметры.)	Ширина головки. (Миллиметры.)	Толщина стенки. (Миллиметры.)	Площадь сечения в см²	Наименьшие моменты инерции относител. нейтральн. гориз. оси. См.⁴ J	Наименьшие моменты сопротивл. относител. нейтральн. гориз. оси. См.³ W	Расстояние центра тяжести до головки в см.
I-а	32,43	43,57	140	125	70	14	55,64	1476	210	7,04
II-а	28,59	38,42	135	114	68	13	49,06	1223	180	6,72
III-а	24,92	33,48	128	110	60	12	42,76	968	147	6,59
IV-а	22,99	30,89	120,5	100	53,5	12	39,45	751	123	6,13
фун.										
24	24	32,25	119,3	100	54,5	15	40,64	736	119	5,75
$22^1/_2$	$22^1/_2$	30,24	119,3	100	53.5	12	38,10	704	118	5,97
$21^2/_3$	$21^2/_3$	29,23	114	95	56 5	13	36,62	626	109	5,67

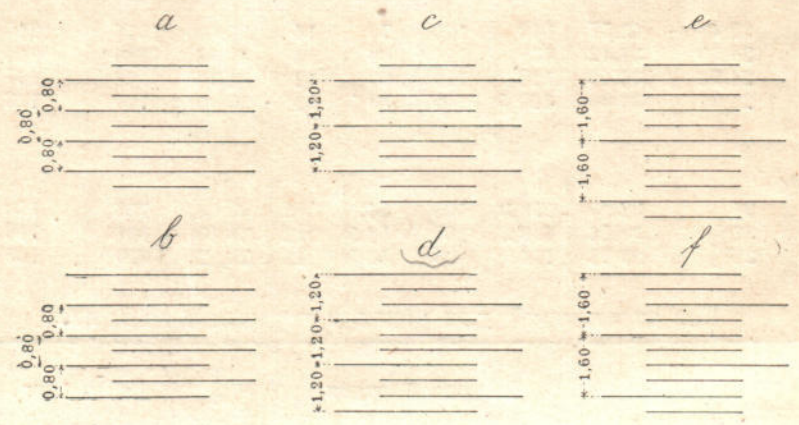
Вес скреплений для рельсов нормального типа.

Название частей. / Для рельсов типа	Вес одной штуки килогр. I-а	II-а	III-а	IV-а	Число штук на одни рельс длиною 5 саж.	Вес на пог. м. одного рельса в килогр. I-а	II-а	III-а	IV-а
Стыковые накладки, хвостовые шестидырные	16,92	16,92	14,11	10,18	2	3,18	3,18	2,65	1,91
Болты к ним	0,73	0,73	0,73	0,52	6	0,41	0,41	0,41	0,29
Подкладки	3,75	3,40	3,06	2,58	13	4,56	4,14	3.73	3,15
Костыли	0,37	0,37	0,37	0,28	39	1,37	1,37	1,37	1,02
Итого вес скреплений одного рельса (в кил. на пог. метр рельса)						9,52	9,10	8,16	6,37
Вес одного рельса со скреплениями (в кил. на пог. метр. одного рельса)						53,09	47,52	41,64	37,26

§ 13. Подрельсовые поперечины.

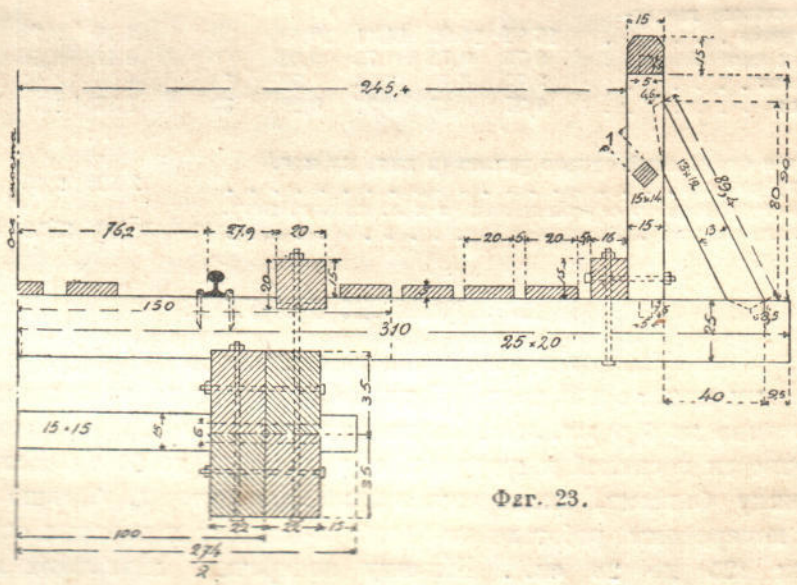
Поперечины бывают прямоугольного сечения или же круглого, стесанного на один или на два канта. Круглые поперечины устраиваются преимущественно из 6 верш. леса. Наименьшая высота поперечин, необходимая для прочности костылей и шурупов, составляет 15 до 20 см. Если расстояние между балками, поддерживающими поперечины, больше ширины колеи и поперечины работают на изгиб, то высоту поперечин определяют рассчетом (25 до 28 см.). Ширину поперечин назначают не менее 20 см., чтобы свободно помещались рельсовые подкладки шириною 15 см. На железных дорогах широкой колеи прямоугольные поперечины чаще всего имеют сечение 8 × 10 дм. (20 × 25 см.) или 9 × 10 дм. (23 × 25 см.).

Поперечины обыкновенно укладываются в сближенном положении, с зазором в 20 см., чтобы не допустить провала колес, в случае схода поезда на мосту. Для прохода по мосту снаружи рельсовой колеи устраиваются дорожки из досок, уложенных вдоль моста на свѣшивающихся концах поперечин (фиг. 23). Если поперечины укладываются в сближенном порядке, то для поддержания досчатого настила приходится продолжать не все поперечины, а через одну, две или три поперечины (фиг. 22), в зависимости от толщины досок. При обычной толщине досок в $2^1/_2$ дм. продолжают каждую третью поперечину. Можно продолжать оба конца поперечин или



Фиг. 22.

только один конец. В последнем случае уменьшается длина поперечин, так как концы свѣшиваются по очередно то в одну, то в другую сторону (фиг. 22 *b*, *d*, *f*). В фиг. 22 показаны разные способы расположения поперечин.

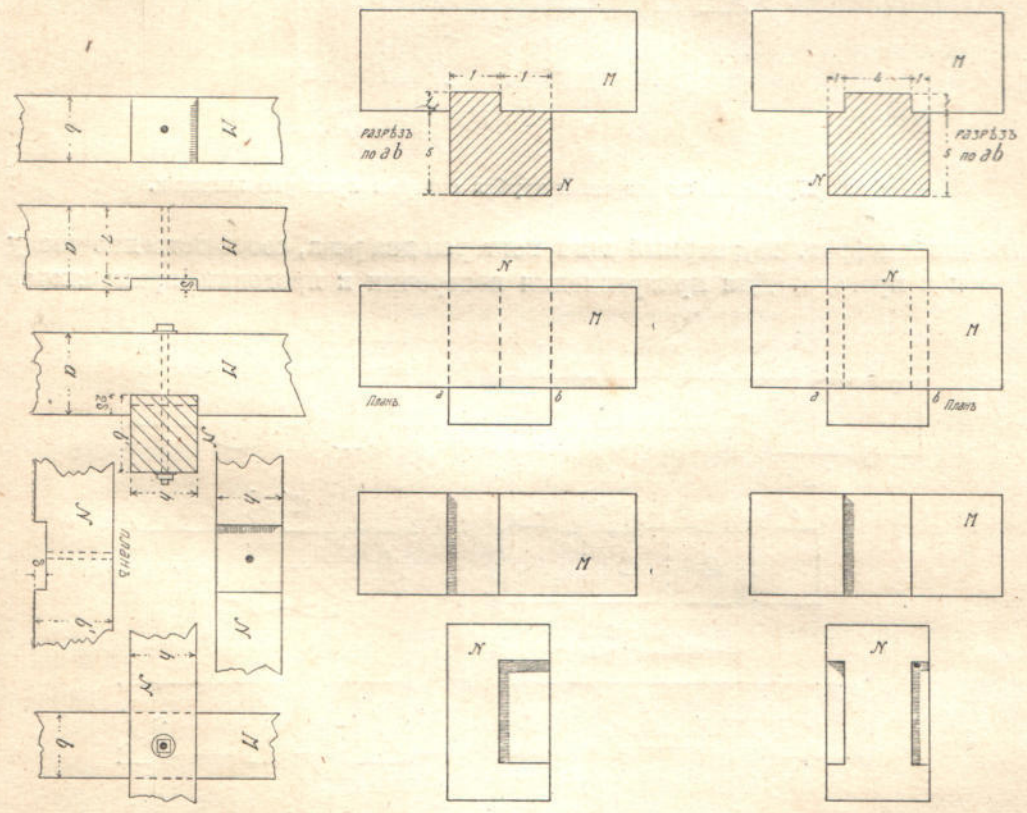


Фиг. 23.

В способах a, c, e применяются короткие и длинные поперечины, в способах *d* и *f*—короткие и длинные поперечины, а в способе *b* все поперечины имѣют одинаковую среднюю длину. На ширококолейных дорогах

длина коротких поперечин (3 до 3,5 м.) равна расстоянию между наружными гранями крайних прогонов плюс 40—50 см. с каждой стороны на прикрепление охранных брусьев. Длинные поперечины имеют длину в 5,5 м., которая слагается из полной ширины габарита (4,908 м.) и длины двух концов по 30 см., необходимых для прикрепления стоек перил. Если перильные стойки поддерживаются наружными подкосами, то длина поперечин доходит до 6,4 м.

Прикрепление поперечин. Поперечины врубаются в прогоны взаимною врубкою, а сверху все поперечины связываются между собою, по обоим концам, охранными брусьями, которые скрепляются болтами или только с поперечинами, или, если позволяет конструкция, также с прогонами, причем болт пропускают одновременно через охранный брус, поперечину и прогон (фиг. 23). В случае брусчатых поперечин и таких-же прогонов, применяют



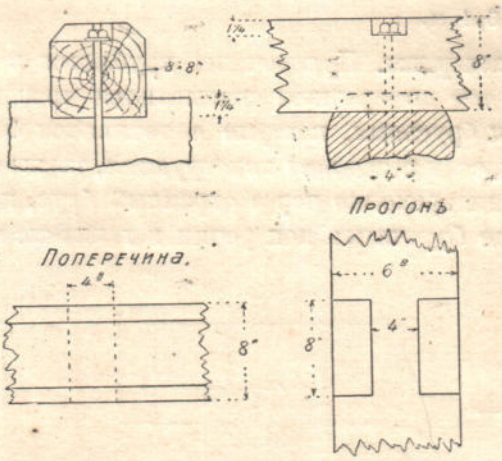
Фиг. 24. Полная взаимная врубка.

Фиг. 25. Неполная взаимная врубка с одним прямоугольником.

Фиг. 26. Неполная взаимная врубка с двумя прямоугольниками.

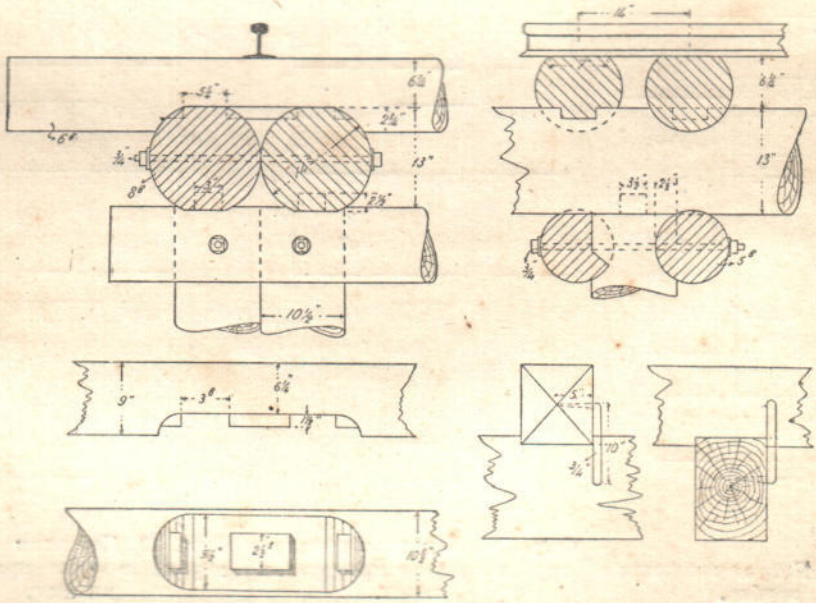
одну из врубок, показанных на фиг. 24 до 26. Чаще всего встречается неполная взаимная врубка, которая перед полною врубкою имеет то преимущество, что не ослабляется поперечное сечение поперечины, работающее на скалывание. Общую глубину врубки берут в 2 до 3 см. На фиг. 27

показана неполная взаимная врубка с двумя прямоугольниками в том случае, когда поперечина имеет прямоугольное сечение, а прогон круглое сечение, стесанное сверху. В случае бревенчатых поперечин и таких же прогонов, и притом парных, можно принять врубку с парным прямоуголь-



Фиг. 27. Неполная взаимная врубка с двумя прямоугольниками.

ным шипом (фиг. 28); парный шип повторен два раза, соответственно числу бревен в прогоне. Для прикрепления поперечин к прогонам применяются



Фиг. 28.

скобы но лучше пользоваться вертикальными болтами диам. 20 м.м. Головку болтов делают обыкновенно квадратною и врезывают ее в дерево, чтобы болт не вращался при завинчивании гайки. Гайку болтов следует помещать сверху для удобства подвинчивания.

Расчет подрельсовых поперечин. Упругая передача давления рельсами. Колесо, стоящее на рельсе и остановившееся над одною из поперечин, оказывает давление не только на эту поперечину, но и на смежные поперечины. Это об'ясняется жесткостью рельса, в силу которой он распределяет давление колеса между несколькими поперечинами, число которых зависит от степени жесткости как самого рельса, так и поддерживающих его поперечин. Число поперечин, воспринимающих давление колеса, будет тем больше, чем жестче рельс и чем больше гибкость поперечины. Рельс, находящийся в условиях многопролетной неразрезной балки на упругих опорах, обладает тем меньшею жесткостью, чем больше его пролеты, т. е. расстояние между поперечинами; поэтому при редком размещении поперечин распределительная способность рельса настолько низка и давления, передаваемые смежным поперечинам, настолько малы, что приходится расчитывать поперечину на полное давление колеса. В случае укладки рельсов на сближенных поперечинах, давление на поперечину, находящуюся под колесом, получается гораздо меньше полного давления колеса, так что, расчитывая поперечины по теории упругих опор, можно заметно уменьшить размеры поперечин. Но, производя такой расчет, следует помнить, что трудно осуществить на практике все условия, положенные в основание расчета. Закон распределения давления между поперечинами нарушается прежде всего рельсовыми стыками, которые, даже в случае применения фасонных стыковых накладок, обладают меньшею жесткостью, чем рельс, не говоря о том, что по мере износа накладок, жесткость стыка все больше понижается. Кроме того, трудно осуществить и поддерживать вполне плотное и равномерное прилегание рельсов ко всем поперечинам. Поэтому возникают сомнения об уместности строгого расчета поперечин. Для практических целей можно было бы ограничиться упрощенным расчетом, подобно тому, как поступают американские инженеры (Wadell и др.), допуская, что давление колеса распределяется поровну на три поперечины.

В России принято расчитывать поперечины в следующих трех предположениях, допуская в каждом случае разные напряжения.

I случай. Сосредоточенные давления в 10 тон. колес, находящихся на рельсах, распределяются между смежными поперечинами по теории упругих опор. Для сосновых поперечин допускаемое напряжение на изгиб....76 $k/см^2$,*) а на скалывание...18 $k/см^2$.

II случай. Сосредоточенные давления в 10 тон. колес, находящихся на рельсах, передаются полностью одной поперечине. Для сосновых поперечин допускаемое напряжение на изгиб.... 102 $k/см^2$.

III случай. Сосредоточенные давления в 10 тон. колес, сошедших с рельсов и находящихся на расстоянии 30 см. или 1 фут. от рельсов, передаются полностью одной поперечине. Для сосновых поперечин допускаемое напряжение на изгиб....178 $k/см^2$.

Расчет по теории упругих опор (I случай), применявшийся раньше в том предположении, что рельсовые стыки перекрыты парными фасон-

*) По новейшим нормам можно допустить 80 к/см² и 20 к/см².

ными накладками, не утерял своей силы и в настоящее время, когда циркуляром Мин. Пут. Сообщ. от 1907 г. разрешается перекрывать рельсовые стыки плоскими накладками, так как жесткость, утраченная вследствие скрепления стыка плоскими накладками (на основании того же циркуляра), должна быть восполнена одною из следующих мер: 1) под стык рельса подводится дополнительная поперечина или 2) пролет между стыковыми поперечинами перекрывается мостовою двухребордною подкладкою, которая поддерживает рельсовый стык по всей длине между стыковыми поперечинами.

Распределение давления между поперечинами по теории упругих опор. В случае укладки рельсов на сближенных деревянных поперечинах, давление колеса распределяется чаще всего на 3 и в редких случаях на 5 поперечин. Вследствие этого поперечина, находящаяся под одним из колес паровоза, получает давление только от стоящего над нею колеса, но не от смежных колес, и мы можем ограничиться рассмотрением случая, когда действует только одно колесо. Поставим это колесо над поперечиною. Вследствие жесткости рельса, давление колеса передается не только рассматриваемой, но и нескольким смежным поперечинам. Число поперечин, между которыми распределяется давление колеса, зависит от величины коэффициента

$$k = \frac{E_1 . J_1}{E . J} \cdot \frac{a^3}{c^2 (3.l - 4.c)}$$

a в см.—расстояние между осями поперечин,
l в см.—расчетный пролет поперечин,
c в см.—расстояние от оси рельса до ближайшей опоры поперечины,
E_1 в к/см.²—коэффициент упругости деревянной поперечины,
E в к/см.²—коэффициент упругости для рельсовой стали,
J_1 в см.⁴—момент инерции сечения (brutto) поперечины,
J в см.⁴—момент инерции сечения рельса.

Это значение коэффициента k соответствует тому случаю, когда давление распределяется между поперечинами посредством двух рельсов (или брусьев), расположенных симметрично к середине поперечин.

Расчитав величину коэффициента k, находим число поперечин, на которые распределяется давление P колеса:

если $k \geqslant 1/3$, то давление P передается на 3 поперечины,
если $k \geqslant 0{,}055$, но $< 1/3$, то давление P передается на 5 поперечин,
если $k < 0{,}055$, то давление P передается на 7 поперечин.

Поставив колесо весом P над рассматриваемою поперечиною, обозначим через P_1—давление на поперечину под колесом
P_2—давление на первую поперечину справа и слева от колеса,
P_3—давление на вторую поперечину справа и слева от колеса,

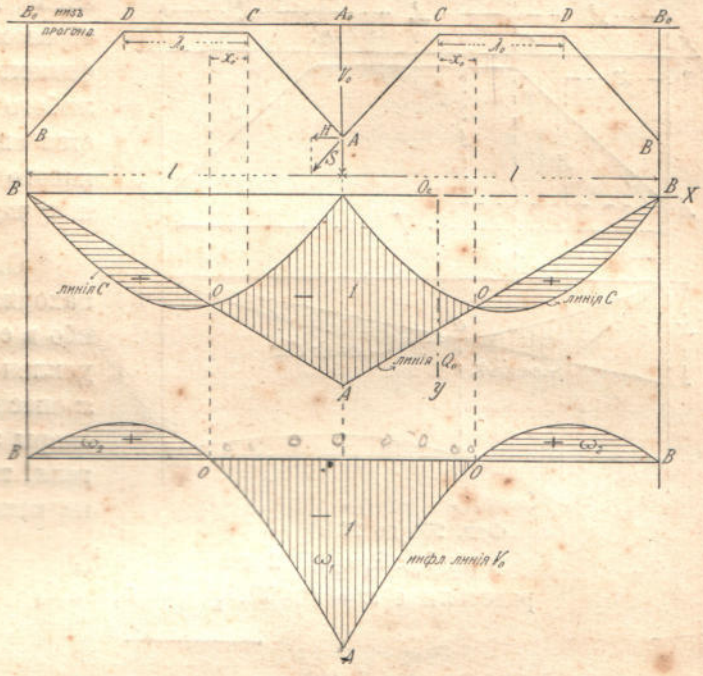
Давления P_1 до P_3 расчитываются по теории неразрезной балки на упругих опорах, каковую в данном случае представляет рельс, и имеют следующие значения:

Вслучае передачи давления P колеса на 3 поперечины:

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= \frac{1+2\,k}{3+2\,k} \cdot P \\ P_2 &= \frac{1}{3+2\,k} \cdot P \end{aligned}\right\} P_1 + 2\,P_2 = P$$

потому усилие V в стойке AA_0 выразится как разность двух величин $V_0 = Q_0 - C$.

Инфлюентная линия Q_0 представляет треугольник BAB с основанием $2l$ и высотою $= 1$; обе инфлюентные линии C строятся по ординатам из таблицы на стр. 143. Разность линии Q_0 и C дает ординаты искомой инфлюентной линии V_0, которая в фиг. 265 приведена к горизонтальному основанию. При разных отношениях $\lambda_0 : \lambda_1$ площадь ω инфлюентной линии V_0 имеет следующие значения:



Фиг. 263 до 265.

$\omega =$	$0{,}1094 \,.\, l$	$0{,}2160 \,.\, l$	$0{,}2667 \,.\, l$
при $\lambda_0 : \lambda_1 =$	2	$^4/_3$	1

Инфлюентная линия усилия в коренной свае (ниже опоры A) представляет треугольник с ординатою $= 1$ под опорою A и с основанием $= 2l$.

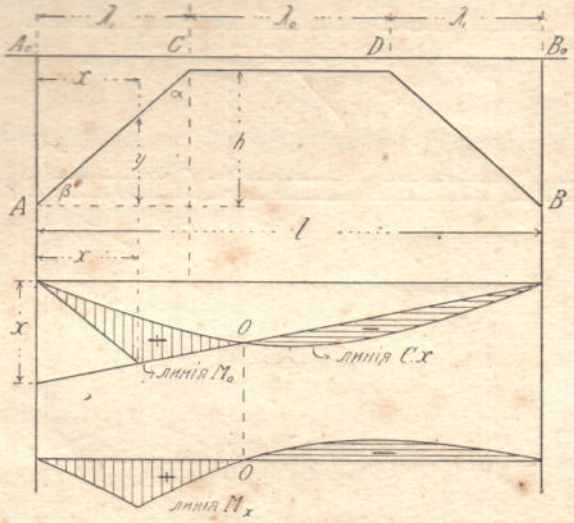
Изгибающий момент прогона. В наихудших условиях находится прогон в крайних панелях, так как в средней панели он усилен ригелем. Если бы прогон не поддерживался подкосами, то от груза P, приложенного где либо в пролете, прогон передавал бы на узел A_0 давление Q_0, равное опорной реакции простой балки $A_0 B_0$. При наличности подкосов прогон и вместе с ним узлы $A_0 B_0$ разгружаются, так как подкосы часть груза P непосредственно передают опорам A и B, причем это давление, равное вертикальной составляющей усилия S в подкосе, равняется давлению узла C. Для сечения левой панели, отстоящего на x от левой опоры, изгибающий момент прогона

$$M_x = A_0 . x = Q_0 . x - C . x = M_0 - C . x.$$

Произведение $Q_0 . x$ или M_0 выражает изгибающий момент для сечения x, найденный как для простой балки $A_0 B_0$.

Для сечений средней панели момент $M_x = M_0 - C . \lambda_1$. Для построения инфлюентной линии M_x (фиг. 267), строим сперва инфлюентную линию M_0 для сечения x простой балки $A_0 B_0$, т. е. треугольник с основанием l и с вершиною под сечением x. Затем по ординатам из таблицы на стр. 143, умноженным на x, строим криволинейную инфлюентную линию $C.x$. Вычитая линию $C.x$ из линии M_0, получаем искомую инфлюентную

линию M_x. Та-же линия, приведенная к горизонтальному основанию, показана на фиг. 268. Таким образом можно построить инфлюентную линию момента для любого сечения прогона; остается еще выяснить вопрос, для какого из всех сечений момент получается наибольшим.



Фиг. 263 до 268.

Опасное сечение прогона находится в крайних панелях, ибо в средней панели прогон усилен ригелем. Расстояние x опасного сечения от левой опоры зависит от длины ригеля, т. е. от разбивки пролета на панели: [1])

при $\lambda_0 : \lambda_1 =$	2	$^4/_3$	1
расстояние $x =$	$0{,}659 . \lambda_1$	$0{,}608 . \lambda_1$	$0{,}578 . \lambda_1$

ГЛАВА VII.

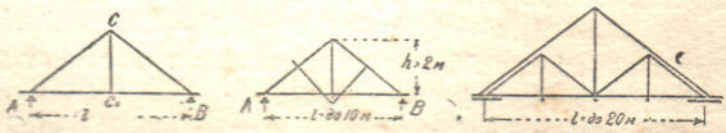
ПОДВЕСНЫЕ ФЕРМЫ.

Подвесные фермы можно рассматривать как подкосные фермы с ездою по низу. Подвесные фермы применяются только в случае малой строительной высоты, когда нельзя воспользоваться подкосною системою. Подвесные фермы всегда снабжаются затяжкою, воспринимающею распор фермы, благодаря чему на опорах возникают только вертикальные реакции.

§ 37. Классификация подвесных ферм.

Подвесные фермы разделяются на треугольно-подвесные, на ригельно-подвесные и на комбинации этих двух систем.

1. Треугольно-подвесная система (фиг. 269) состоит из двух подкосов или ног $A\ C$ и $C\ B$, подвески $C\ C_0$ и затяжки $A\ B$. Высоту фермы назначают не менее $^1/_3$ пролета; обыкновенно стремятся к тому, чтобы вершины обеих ферм соединить между собою поперечною распоркою, расположенною выше



Фиг. 269. Фиг. 270. Фиг. 271.

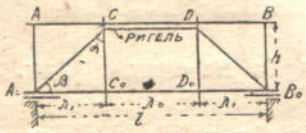
габарита; в этом случае назначают высоту ферм до $^1/_2$ пролета. При высоте фермы больше 2 мет. добавляют наклонные схватки (фиг. 270), ко-

---

[1]) См стр. 380 II издания нашего основного курса деревянных мостов.

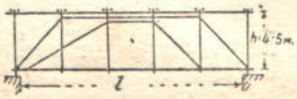
торые в плоскости фермы подразделяют свободную длину сжатых подкосов. При пролете от 10 до 20 мет. к основной треугольной системе добавляют два дополнительных треугольника (фиг. 271).

2. **Ригельно-подвесная система** (фиг. 272) состоит из двух подкосов или ног A_0 C и B_0 D, из затяжки A_0 B_0 и из двух вертикальных подвесок C C_0, DD_0, поддерживающих затяжку. Верхним концом подкосы упираются в горизонтальный ригель CD. Высоту ферм принимают не меньше $^1/_4$ их про-



Фиг. 272.

Фиг. 273.

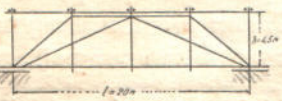


Фиг. 274.

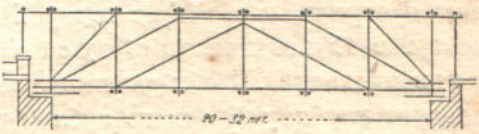
лета. Недостаток ригельно-подвесной системы состоит в небольшой жесткости фермы, так как в ея состав входит четыреугольник. Чтобы устранить этот недостаток, между подвесками помещают перекрещивающиеся раскосы (фиг. 273), причем в узлах их сопрягают так, чтобы они могли работать только на сжатие; тогда система остается статически определимою. Для пролетов более 10 мет. применяют двухригельную систему (фиг. 274). Оба подкоса одной стороны сводятся в опорный узел (см. левую половину фиг. 274), или же оба подкоса располагаются параллельно друг другу (см. правую половину фиг. 274). Высоту двухригельных ферм желательно назначать так, чтобы между фермами можно было устроить верхние связи.

3. **Комбинации ригельной системы с треугольно-подвесною.** Об'емлющею системою может быть треугольная система или ригельная система (фиг. 276 и 277).

Фиг. 275.



Фиг. 276.



Фиг. 277.

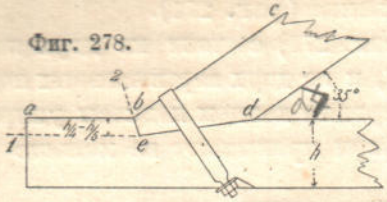
Поперечные балки проезжей части могут быть расположены на затяжке или под нею. В первом случае, балки укладываются на затяжку вне узлов и затяжка работает не только на растяжение, но и на местный изгиб. Во втором случае, поперечные балки подвешиваются к узлам, поэтому затяжка работает только на растяжение и ея размеры получаются меньше, чем в первом случае.

§ 38. Сопряжение подкосов с затяжкою.

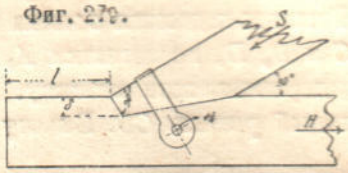
1. **Врубка простым зубом** (фиг. 278 и 279). Этою врубкою пользуются при угле наклона подкоса более 35°. Чтобы разметить врубку, на затяжке мелом проводим горизонтальную линию $e-1$, на расстоянии $^1/_4$ до $^1/_6$ h от верхнего края, до пересечения с биссектрисою $e-2$ внешнего угла a b c. Соединив точку e с d, получаем ту часть b e d, которую следует выру-

бить в затяжке. Соответственно вытесывают конец подкоса. Подкос и затяжку стягивают болтом или хомутом из полосового железа ($1 \times 1/2''$). Глу-

Фиг. 278.



Фиг. 279.



бина δ зуба определяется из условия прочности зуба на смятие (фиг. 279) т. е.

$$\delta . b . R_\delta = H$$

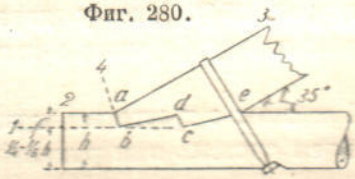
где H—усилие в затяжке, b ширина затяжки, R_δ—допускаемое напряжение затяжки на смятие, принимаемое равным среднему значению между сопротивлением смятию вдоль волокон и поперек ($R_\delta = 40$ к/см.^{2}). Длина l свободного конца затяжки определяется условием прочности на скалывание

$$l . b . R_t = H$$

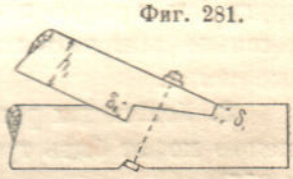
где R_t—допускаемое напряжение на скалывание вдоль волокон. Если по расчету δ получается больше 5 см., переходят к другому способу сопряжения.

2. Двойной зуб (фиг. 280 и 281) применяется при угле наклона подкоса $< 35^0$. Чтобы разметить врубку, проводим горизонтальную линию $c—1$ на расстоянии $^1/_4$ до $^1/_6$ h от края затяжки и биссектрису внешнего угла $2a3$ до пересечения в точке b. Точку b соединяем с серединою d отрезка $a\ e$. Через точку d проводим прямую $d\ c$ параллельно биссектрисе $4b$ и соединяем точку c с e. Таким образом, получаем очертание $a\ b\ d\ c\ e$ двойного зуба. Чтобы увеличить площадь, по которой затяжка скалывается, следует глубину δ_2 одного зуба (фиг. 281) делать больше глубины δ_1 другого зуба. Часто δ_1 и δ_2 назначают

Фиг. 280.



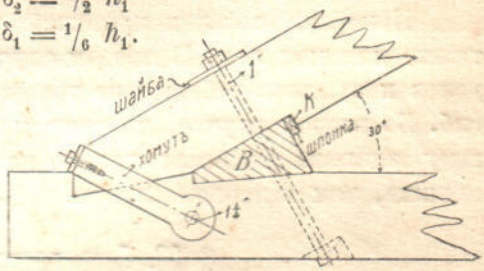
Фиг. 281.



так, чтобы $\delta_2 = 2\ \delta_1$ и $\delta_1 + \delta_2 = {}^1/_2\ h_1$

откуда $\delta_2 = {}^1/_3\ h_1$ и $\delta_1 = {}^1/_6\ h_1$.

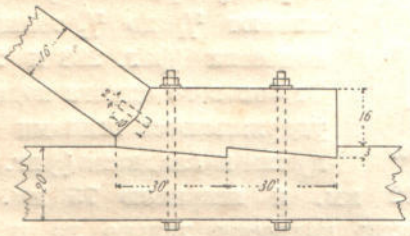
Неподвижность соединения достигается болтом или хомутом. Расчет двойного зуба сводится к поверкам на смятие и на скалывание. На фиг. 282 показан способ образования двойного зуба с помощью вкладыша B. Плотность прилегания вкладыша достигается клином K, который, также как и вкладыш, делается из дуба. Подкос, вкладыш и затяжка стягиваются наклонным болтом.



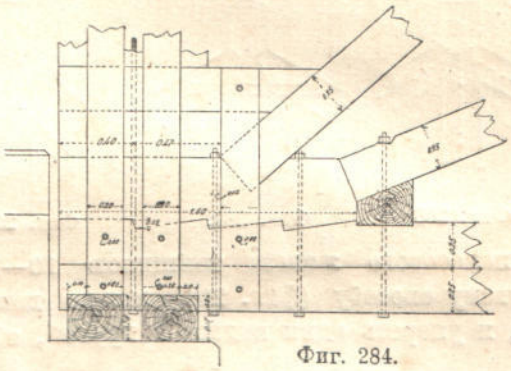
Фиг. 282.

3. Сопряжение при помощи обрубка применяется при большом усилии в подкосе и если желательно возможно меньше ослабить затяжку. Для при-

крепления обрубка к затяжке можно пользоваться зубьями (фиг. 283 и 284) или шпонками (фиг. 285). Для удержания подкоса от бокового сдвига лучше всего пользоваться хомутом или болтами.

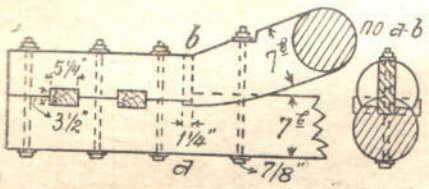


Фиг. 283.



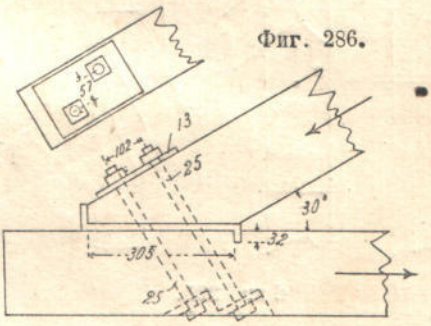
Фиг. 284.

4. Сопряжение помощью металлической подушки. Простейший тип чугунной подушки показан в фиг. 286. Смотря по усилию, подошву подушки

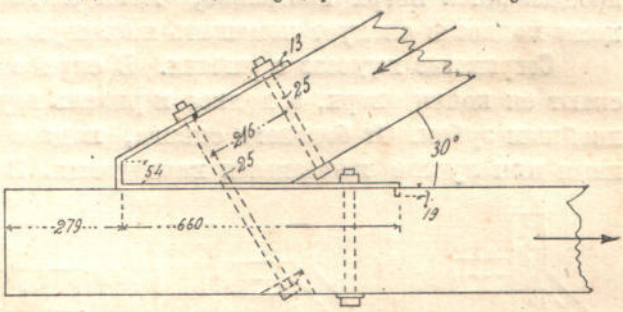


Фиг. 285.

Фиг. 286.



снабжают одною, двумя или тремя ребордами, врезанными в затяжку. На фиг. 287 показано американское сопряжение помощью железного башмака, выгнутого из полосового железа. Это сопряжение очень простое, так как не требуется врубок. От бокового сдвига подкос удерживается двумя болтами. Опыты, произведенные для сравнения прочности сопряжений простым зубом и при помощи металлических подушек, показали, что прочнее всех сопряжение при помощи чугунной подушки (фиг. 286), затем следует сопряжение при помощи железного башмака (фиг. 287), а третье место занимает сопряжение простым зубом согласно фиг. 279.



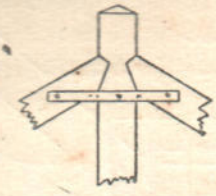
Фиг. 287.

§ 39. Сопряжение верхнего конца подкосов.

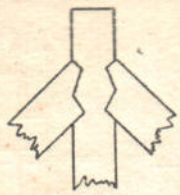
При треугольных фермах способ сопряжения подкосов в коньке зависит от того, устроена ли подвеска одиночною или двойною.

А. В случае одиночной подвески, лучше всего, конец подвески выпускать вверх настолько, чтобы он не мог сколоться. Эта длина определяется расчетом и составляет около $1^1/_2$ толщины подвески. Подкосы врубаются в подвеску простым или двойным зубом. Глубину простого зуба принимают $^1/_4$ до $^1/_3$ толщины подвески (фиг. 288 и 290). От бокового сдвига подкосы удерживаются шипами или лучше накладками (фиг. 289) из полосового железа толщиною 10—12 мм. и шириною 75 мм. По другому способу (фиг. 291) можно довести подвеску только до подкосов, и упереть один подкос в другой, обхватывая их концы парными сжи-

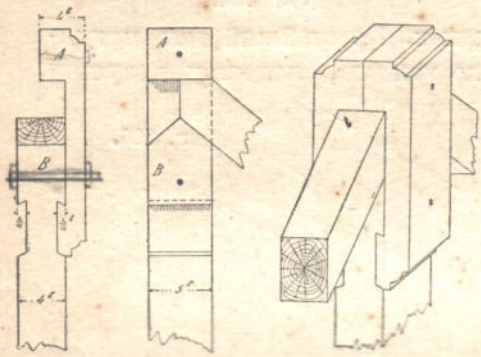
Фиг. 288.



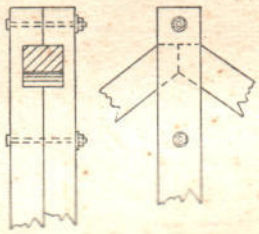
Фиг. 289.



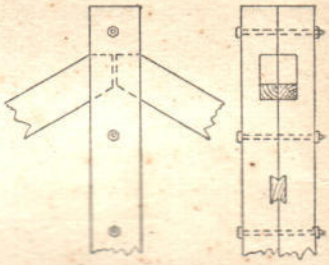
Фиг. 290.



Фиг 291.



Фиг. 292.

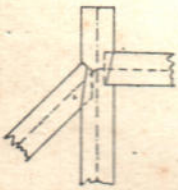


Фиг. 293.

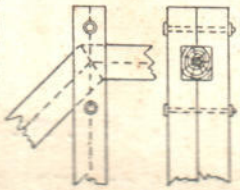
мами, которые с подвескою сопрягаются зубом, а между собою стягиваются двумя болтами.

В. В случае парной подвески (фиг. 292 и 293), концы подкосов упираются один в другой и обжимаются парною подвескою, которая продолжается вверх настолько, чтобы ея концы не сколались. Между торцами подкосов следует помещать железную прокладку.

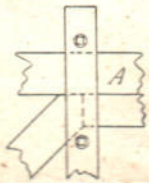
Сопряжение подкосов с ригелем. В случае одиночной подвески, пропускают ея конец вверх, а подкос и ригель врубают в подвеску простым или двойным зубом. От бокового сдвига, подкос и ригель удерживаются шипами или лучше железными накладками. В случае парной подвески, сопряжение делается по фиг. 295. Венчающий брус *A* (фиг. 296) в значительной степени способствует прочности узла. Конец подвески, выступающий выше ригеля, расчитывается на скалывание.



Фиг. 294.



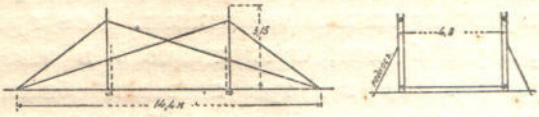
Фиг. 295.



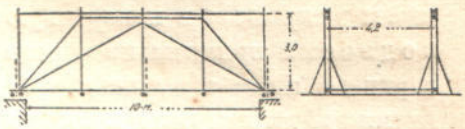
Фиг. 296.

Поперечные связи между фермами. Если высота ферм недостаточна для устройства верхних связей, фермы поддерживаются деревянными подкосами, которые располагаются против подвесок и нижним концом упира-

ются в выпущенные концы поперечных балок (фиг. 297). В железнодорожных мостах подкосы могут быть устроены не только снаружи, но и внутри моста (фиг. 298).

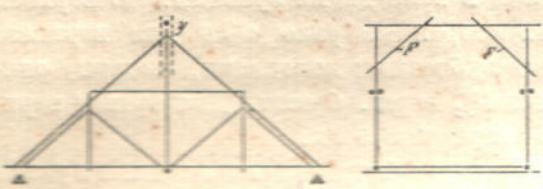


Фиг. 297.

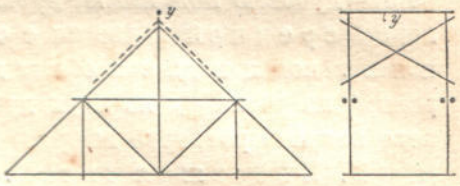


Фиг. 298.

Если высота ферм допускает устройство верхних связей, то при треугольных фермах на торцы подвесок нарубают поперечные распорки y



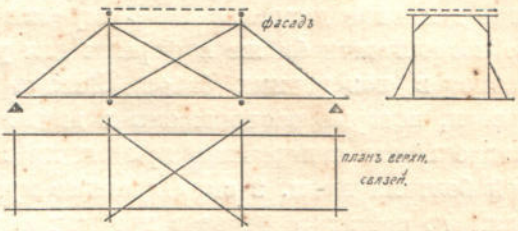
Фиг. 299.



Фиг. 300.

(фиг. 299). Для большей жесткости поперечного сечения моста, полезно добавлять угловые подкосы F.

Если высота фермы позволяет, то, кроме распорки y, нарубаемой на торцы подвесок, помещают кресты в плоскости подкосов (фиг. 300). В ригельно-подвесных мостах кресты помещаются в горизонтальной плоскости (фиг. 301).



Фиг. 301.

§ 40. Примеры мостов с подвесными фермами.

I. Пример. На лис. 9 атласа показан пример моста с треугольно-подвесными фермами пролетом 16 мет., разделенным на 4 панели по 4 мет. Теоретическая высота ферм = 7 мет. Расстояние между осями ферм = 3,7 мет. Мост предназначается для военно-полевой железной дороги с шириною колеи в 75 см. и отличается следующими особенностями: 1) вместо железных подвесок, устроены деревянные, вследствие чего количество железных частей доведено до минимума; 2) все части моста спроектированы из круглого леса и врубки в узлах отличаются простотой; 3) поперечные балки опираются на фермы в узлах, благодаря чему нижний пояс не работает на местный изгиб и получился сравнительно малых размеров.

А. Фермы. Верхний пояс и затяжка устроены из двух $5^1/_2$ верш. бревен с зазором в 12 см. Оба бревна верхнего пояса связаны между собою прокладками и болтами диам. 2 см. Одно из бревен затяжки имеет стык во второй, а другое бревно—в третьей панели. Каждый стык перекрыт прокладкою из $5^1/_2$ верш. бревна и накладкою из 4 дм. доски, снабжен шпонками и стянут болтами диам. 2 см. В опорном узле бревна верхнего

пояса упираются в дубовую подушку, врубленную двумя зубьями в затяжку. Раскосы ферм устроены из двух $4^1/_2$ верш. бревен. Верхним концом раскосы упираются непосредственно в верхний пояс и, во избежание бокового сдвига, притянуты болтом к подвеске. Нижним концом раскосы упираются в поперечную балку и врезаны в нее шипом. Все три подвески приняты из одного $5^1/_2$ верш. бревна, пропущенного в зазор верхнего пояса и затяжки. В нижнем конце все три подвески обжаты двумя зубчатыми колодками, на которые опирается поперечная балка; кромѣ того сделана взаимная врубка затяжки с подвескою, воспринимающая собственный вес затяжки. В верхнем конце коротких подвесок с обоих сторон выбрано обло для верхнего пояса и подвеска обжата с одной стороны дубовым 6 верш. бревном, в котором выбрана лапа, а с другой стороны—дубовою подушкою, врубленною в пояс двумя зубьями. В верхнем конце средней подвески с обеих сторон выбрано обло для верхнего пояса и конец подвески обжат двумя зубчатыми колодками, которые опираются на распорку из двух дубовых $4^1/_2$ верш. бревен. Для бревен верхнего пояса в распорке выбрано обло глубиною 5 см.

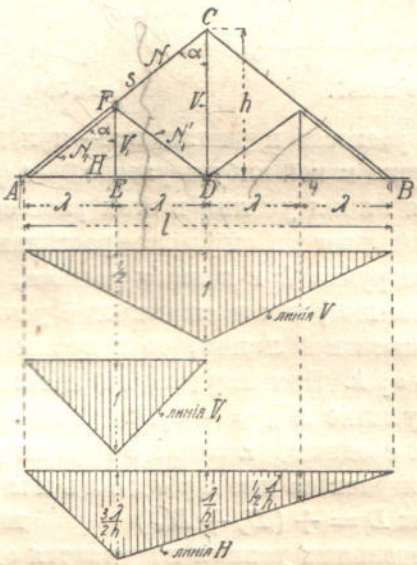
В. Проезжая часть. Поперечные балки, расположенные в узлах ферм, состоят из двух 9 верш. бревен, связанных между собою прокладками и болтами. Поперечные балки лежат на затяжке и через зубчатые колодки передают свое давление подвескам. Продольные лежни, передающие давление подрельсных поперечин на поперечные балки, расположены по возможности ближе к фермам для уменьшения изгибающего момента и размеров поперечных балок. Лежни спроектированы из трех $7^1/_2$ верш. бревен, которые расположены в двух ярусах и стянуты болтами диам. 2 см. Подрельсные поперечины притянуты к верхнему бревну продольных лежней болтами диам. 2 см. Охранные приспособления на случай схода подвижного состава с рельсов предположены: 1) в виде внутреннего охранного бревна из 5 верш. леса, уложенного по оси пути; 2) во избежание провала колес, сошедших с рельсов, подрельсные поперечины из 6 верш. леса, стесанные сверху на глубину 3,5 см., сближены до расстояния 40 см. между осями.

II. Пример. На листе 10 атласа показан пример железнодорожного моста отверстием 10 мет. с фермами, комбинированными из простой треугольной и ригельно-подвесной системы. Высота ферм 3 мет. Расстояние между осями ферм 4,65 мет. Подкосы ферм и ригель—одиночные из брусьев 25×25 см. Затяжка—двухярусная из брусьев, связанных зубьями и болтами. Средняя подвеска—из 4-х брусьев 15×20 см. и железного тяжа диам. 45 мм., а крайние подвески—из тяжа и двух брусьев. Опорные стойки, поддерживающие венчающий брус, состоят из 4-х вертикальных брусьев, причем зазор между ними заполнен горизонтальными брусками. Сопряжение подкосов с затяжкою сделано при помощи зубчатого обрубка. По середине пролета и по концам, устроены наружные и внутренние подкосы из брусьев 20×20 см., удерживающие фермы от опрокидывания. По середине пролета, подкосы упираются в выпущенные концы распорки, а по концам моста—в мауерлаты. Рельсы уложены на поперечинах 32×38 см., отстоящих на 0,95 мет. ось от оси. Сверху, поперечины связаны прижимными брусьями. Фермы опираются на парные мауерлаты.

§ 41. Расчет треугольно-подвесной фермы с двумя шпренгелями.

Принятые обозначения вписаны на фиг. 302. Затяжку считаем разрезанною во всех узлах. Для построения инфлюентной линии усилия V в средней подвеске, прикладываем груз $= 1$ в узле D. Усилие N^1_1 дополнительного подкоса равно нулю, а потому усилие V в подвеске будет равно 1.

При положении груза $= 1$ в узле E, усилие V равняется тому давлению, которое шпренгелем AFD передается узлу D, т. е. $V = {}^1/_2$. Отложив ${}^1/_2$ под узлом E, видим, что инфлюентная линия V представляет треугольник с основанием $= l$ и с ординатою $= 1$ под узлом D (фиг. 303). Инфлюентная линия V_1 представляет треугольник с основанием $= {}^1/_2 l$ и с ординатою $= 1$ под узлом E (фиг. 304). Усилия в главных подкосах:



Фиг. 302.

Фиг. 303.

Фиг. 304.

Фиг. 305.

$$N = \frac{V}{2\cos\alpha} = \frac{1}{2}\cdot\frac{s}{h}\cdot V$$

$$N_1 = \frac{V_1}{2\cos\alpha} = \frac{1}{2}\cdot\frac{s}{h}\cdot V_1$$

Построим инфлюентную линию распора H (фиг. 305). При положении груза $= 1$ в узле D, распор $H = N.\sin\alpha = \frac{V}{2}.\operatorname{tg}\alpha = \frac{\lambda}{h}.V = \frac{\lambda}{h}$, так как $V = 1$.

При положении груза $= 1$ в узле E, определяем распор по способу Риттера, приняв F за точку моментов:

$$H = \frac{B.3.\lambda}{0{,}5.h} = \frac{1}{4}\cdot\frac{3.\lambda}{0{,}5.h} = \frac{3}{2}\cdot\frac{\lambda}{h}$$

При положении груза $= 1$ в 4-м узле, ординату инфлюентной линии определяем по тому-же способу Риттера и получаем $H = \frac{A.\lambda}{0{,}5.h} = \frac{1}{2}\frac{\lambda}{h}$. Следовательно инфлюентная линия распора H представляет треугольник с основанием $= l$, причем его вершина находится под узлом E и имеет ординату $\frac{3}{2}\cdot\frac{\lambda}{h}$.

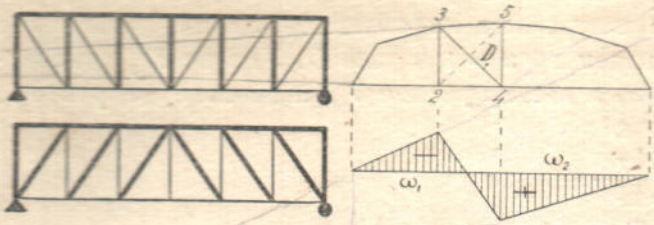
ГЛАВА VIII.

ФЕРМЫ РАСКОСНОЙ СИСТЕМЫ.

§ 42. Общая характеристика раскосной системы.

Ферма простой раскосной системы имеет вертикальные стойки во всех узлах и по одному раскосу в каждой панели, причем все раскосы левой половины фермы наклонены в одну сторону, а все раскосы правой поло-

вины—в обратную сторону. Раскосы могут быть нисходящие к середине пролета (фиг. 306) или восходящие (фиг. 307). От всякой нагрузки, распределенной равномерно по всему пролету, нисходящие раскосы растягиваются, а восходящие раскосы сжимаются. Что касается стоек, то такая нагрузка вызывает в них сжатие при нисходящих раскосах и растяжение—при восходящих раскосах.



Фиг. 306 и 307. Фиг. 308.

Рассмотрим какой нибудь раскос 3—4 фермы, изображенной на фиг. 308. Инфлюентная линия усилия в этом раскосе показана там-же. Постоянная нагрузка p вызывает в этом раскосе растягивающее усилие $D_p = +(\omega_2 - \omega_1).p$. Временная нагрузка k в каждом раскосе, кроме первого, может вызвать как растягивающее, так и сжимающее усилие. Если мы загрузим правый участок инфлюентной линии, то получим наибольшее растягивающее усилие $D'_k = +\omega_2.k$. При загружении левого участка получим наибольшее сжимающее усилие $D''_k = -\omega_1.k$. Суммируя усилие от постоянной нагрузки сперва с одним, а затем с другим усилием от временной нагрузки, получаем для раскоса два предельных усилия:

$$\max D = +(D_p + D'_k) \qquad \min D = \pm(D_p - D''_k).$$

Если оба предельных усилия получаются одного знака + (если $D_p > D''_k$), то раскос только вытянут[1]); если знаки предельных усилий различны, раскос сжато-вытянут и должен быть расчитан отдельно на сжатие и на растяжение. Сжато-вытянутые раскосы встречаются только в среднем участке фермы. Длина этого участка зависит от соотношения между постоянною и временною нагрузкою. Чем больше постоянная нагрузка, сравнительно с временною, тем меньше длина среднего участка. Кроме того длина участка зависит от очертания поясов; в параболических фермах средний участок распространяется на весь пролет, так как во всех панелях раскосы сжато-вытянуты.

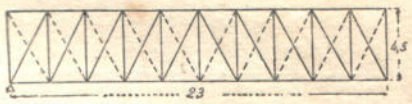
В деревянных фермах сжато-вытянутые раскосы весьма нежелательны, в виду сложности их прикрепления к поясам. Чтобы избавиться от сжато-вытянутых раскосов, все панели с такими раскосами снабжаются обратным раскосом, с тем чтобы он принял на себя то усилие, которое не в состоянии передать главный раскос; так например, если главный раскос может работать только на сжатие, то в случае возникновения в нем растягивающего усилия, он передаст его обратному раскосу, вызывая в нем сжатие. Главными раскосами будем называть те, которые работают при действии равномерно распределенной нагрузки. В фермах с деревянными раскосами, могущими сопротивляться только сжатию, главными раскосами являются восходящие к середине пролета, а обратными будут нисходящие раскосы. В этом случае все раскосы фермы работают только на сжатие. Это

[1]) Для другого раскоса оба предельных усилия могли бы получиться со знаком —, тогда раскос был бы только сжат.

важно в конструктивном отношении, так как в случае сжатых раскосов их сопряжение с поясами получается гораздо проще, чем для растянутых раскосов. Но в такой ферме все стойки работают на растяжение и, в случае выполнения из дерева, их сопряжение с поясами получается сложным; поэтому возникла мысль стойки таких ферм исполнять из круглого железа, в виде тяжей. Таким образом возникли фермы системы Гау, важнейшия из раскосных ферм. Кроме ферм Гау, рассмотрим фермы системы Рихтера, а также раскосные фермы с вытянутыми элементами из досок.

§ 43. Фермы системы Гау.

Фермы Гау, названные по имени их изобретателя американского инженера Howe (1840 г.), имеют стойки в виде железных тяжей и деревянные раскосы, сопряженные с поясами при помощи подушки так, что они могут работать только на сжатие. Каждая панель фермы снабжена двумя перекрещивающимися раскосами (фиг. 309). От действия постоянной нагрузки работают только восходящие раскосы, которые при этом сжимаются. Что касается временной нагрузки, то в каждом раскосе левой половины фермы она вызывает сжатие, в случае загружения правой части пролета, и растяжение, в случае загружения левой части пролета. В средних панелях растягивающее усилие восходящих раскосов от временной нагрузки может оказаться больше сжимающего усилия от постоянной нагрузки. Но раскосы не могут работать на растяжение, так как их сопряжение с поясами допускает передачу только сжимающих усилий; поэтому добавляются обратные раскосы. Освобождая главные раскосы от растяжения, обратные раскосы испытывают сжатие. Добавление обратных раскосов необходимо только в средних панелях; несмотря на это в фермах Гау принято ставить обратные раскосы во всех панелях, чтобы сократить свободную длину сжатых главных раскосов и удерживать узловые подушки от скольжения вдоль пояса под напором главных раскосов. Вертикальные тяжи всегда растянуты и устраиваются чаще всего из круглого железа. Тяжи снабжаются нарезкою и гайками на одном или лучше на обоих концах. Фермы Гау разделяют общий недостаток деревянных ферм: оне провисают вследствие усушки дерева и обжатия врубок; но фермы Гау выгодно отличаются тем, что, подвинчивая гайки тяжей, можно поднять провисшие фермы и вернуть им первоначальный под'ем. Это ценное свойство ферм Гау имеет большое практическое значение и относится к преимуществам системы Гау, если принять во внимание, что выправление провисших ферм других систем совсем невозможно или сопряжено с большими затруднениями.

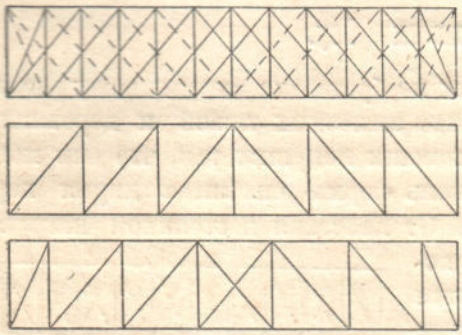


Фиг. 309.

Фермы Гау применяются для пролетов от 10 до 25 саж. Высоту ферм принимают от $^1/_4$ до $^1/_8$ их пролета. Длина панели зависит от устройства проезжей части. Опирание поперечных балок на узлы ферм вызывает конструктивные затруднения; поэтому поперечные балки принято укладывать на пояса ферм вне узлов. При этом пояс, кроме продольного усилия, работает еще на местный изгиб. Чтобы напряжения от местного изгиба были

не слишком велики, длина панели не должна превышать 2 до 2,4 мет. Если простую раскосную систему (фиг. 309) применить для ферм значительного пролета, нельзя придать фермам надлежащую высоту при соблюдении вышеуказанной длины панели и правильного уклона раскосов. Чтобы удовлетворить одновременно всем этим условиям, применяют двухраскосную или составную систему решетки.

В двухраскосной ферме (фиг. 310) раскосы пропущены через две панели, т. е. горизонтальная проекция раскоса равна длине двух панелей.



Фиг. 310 до 312.

Фиг. 313.

Благодаря этому ферме можно придать большую высоту, сохраняя нормальную длину панели. Вертикальный разрез, проведенный в любой панели, встречает два главных раскоса; в каждой панели поперечная сила распределяется между двумя раскосами или двумя тяжами; поэтому усилия и сечения раскосов и тяжей, а также давления узловых подушек на пояса, получаются примерно вдвое меньше, чем при простой раскосной системе. Двухраскосную ферму (фиг. 310) можно разложить на две фермы простой раскосной системы (фиг. 311 и 312), причем каждый раскос и каждая стойка (за исключением опорной) встречаются либо в одной, либо в другой простой системе, между тем как каждый элемент поясов встречается в обоих системах. Чтобы уменьшить длину обратных раскосов, можно пропускать их на протяжении только одной панели, как сделано на фиг. 313.

§ 44. Пояса ферм системы Гау.

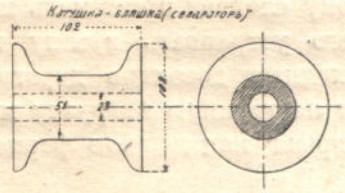
В фермах Гау пояса чаще всего исполняются из брусьев; пояса из бревен встречаются редко, а применявшиеся раньше досчатые пояса совсем оставлены. Пояса из досок обходятся дешевле брусчатых и доски допускают подбор более доброкачественного материала без сучков, трещин и других недостатков. Несмотря на это досчатые пояса больше не применяются в виду следующих недостатков: 1) доски, образующие пояса, ставятся на ребро; поэтому пояса имеют много вертикальных щелей и быстро загнивают; 2) досчатые пояса требуют много лесного материала, так как для перекрытия стыков приходится пропускать на всю длину пояса по крайней мере две лишних доски, сверх досок, расчитанных по усилию в поясе; часто принимают даже вдвое больше досок, чем требуется по усилию; 3) для взаимного соединения досок пояса требуется много болтов.

Брусчатые пояса составляются из 1 до 5 брусьев, расположенных рядом. Чаще всего встречаются пояса из трех брусьев с оставлением между ними двух зазоров шириною около 2 см. для пропуска железных

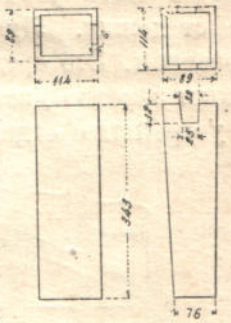
тяжей, которые служат стойками ферм Гау. Если не оставлять зазоров, то в местах пропуска тяжей брусья поясов чрезмерно ослабляются. Сечение пояса, принятое для наиболее напряженной панели, сохраняется на всем протяжении пролета. Число, а также ширину брусьев, следует принимать одинаковыми в верхнем и нижнем поясе, с тем чтобы зазоры между брусьями находились в одной вертикальной плоскости; тогда в местах пропуска вертикальных тяжей ослабление брусьев поясов получается наименьшим. Высота брусьев нижнего пояса может быть больше или меньше, чем в верхнем поясе, смотря по усилию. Ширина зазоров между брусьями зависит от того, перекрываются ли стыки брусьев железными или деревянными накладками. При железных накладках зазоры принимаются не более 2 см.

Соединение брусьев пояса в одно целое. Пояса из нескольких брусьев обходятся дешевле поясов из одного бруса, так как они выпиливаются из более мелкого леса. Однако, пояса из нескольких брусьев страдают тем недостатком, что усилие неравномерно распределяется между брусьями, даже при самом аккуратном исполнении и тщательной пригонке частей. Эта неравномерность возрастает с увеличением числа брусьев. Поэтому допускаемое напряжение материала следовало бы принимать тем меньше, чем больше число брусьев пояса, или же принимать меры к тому, чтобы брусья пояса не могли передвинуться один относительно другого, ни вдоль, ни поперек моста. Для сохранения постоянного зазора между брусьями, применяют прокладки или сепараторы, стянутые болтами.

Фиг. 315.



Фиг. 316.

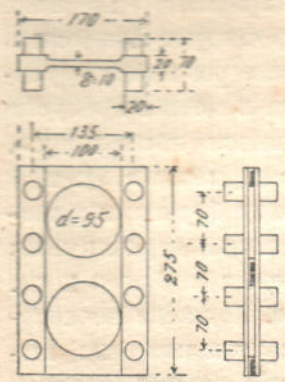


Фиг. 317.

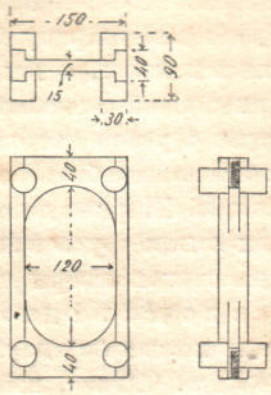
Под головку и гайку болта подкладывают шайбы, предохраняющие дерево от смятия. Прокладки делаются из дуба или чугуна. Дубовые прокладки имеют форму дощечки, а чугунные прокладки бывают плоскими, кольцеобразными (фиг. 315) или же имеют форму катушки (фиг. 316), смотря по величине зазора между брусьями. Чтобы предупредить продольное перемещение отдельных брусьев, применяют шпонки из дерева или чугуна (фиг. 317) и располагают их в вертикальных зазорах между брусьями. Шпонки врезываются в брусья на глубину от 1 до 3 см. и помещаются на взаимном расстоянии около 1 м.; через каждую шпонку пропускается горизонтальный болт.

На фиг. 66 показана чугунная шпонка с боковыми приливами в виде рамы, разделенной средником на две части. Каждый прилив имеет по два прямоугольных отверстия, через одно из которых пропускают болт, стягивающий брусья. Обыкновенно применяют два болта, как показано на фиг. 66. Прокладки и шпонки плохо удерживают брусья от сдвига в вертикальном направлении. Хорошим средством против такого сдвига являются чугунные шайбы с острыми краями (фиг. 65), которые при натяже-

нии болтов врезываются в брусья. Еще лучше американские чугунные прокладки с шипами (фиг. 319 и 320), которые отлично удерживают брусья от продольного и поперечного сдвига. Эти прокладки имеют одно или два больших отверстия для пропуска болтов, стягивающих брусья пояса. Двухболтовые прокладки создают более прочную связь между брусьями и потому применяются в сжатом поясе; для растянутого пояса, достаточно применять одноболтовые прокладки. Чтобы поставить на место прокладки с шипами, предварительно высверливают в брусьях гнезда для шипов; затем ставят прокладки на место и дыру для горизонтального болта сверлят сразу через все брусья пояса и через отверстие в прокладке; затем вставляют болт. Прокладки располагаются на взаимном расстоянии около 1 м., т. е. в 2-х местах на протяжении одной панели. Удобно помещать прокладки на расстоянии четверти панели от узлов.

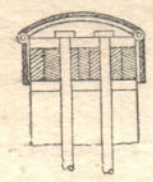


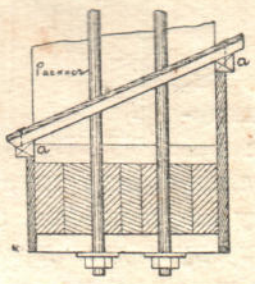
Фиг. 319.



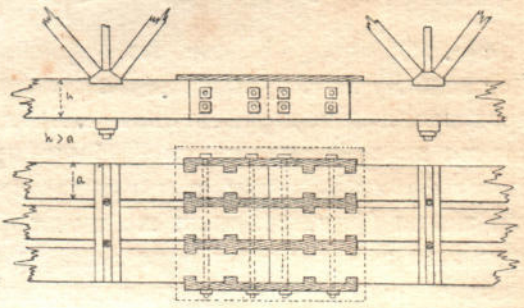
Фиг. 320.

Защита поясов от дождя. Пояса составляют самую существенную и дорогую часть фермы. Поэтому следует принимать меры для защиты поясов от дождя. Лучше всего устраивать крышу над всем пролетным строением. Это средство обходится довольно дорого в виду того, что вес крыши заметно увеличивает постоянную нагрузку моста. Дешевле обходится устройство отдельных крыш над каждою фермою. Сплошную


Фиг. 321.



Фиг. 322.



Фиг. 323.

обшивку поясов досками или кровельным железом нельзя рекомендовать, так как она препятствует циркуляции воздуха вокруг пояса и гниение может быстро развиваться. Часто покрывают пояса крышкою. На фиг. 321 изображен верхний пояс с крышкою, которая может открываться для осмотра пояса и для подтягивания гаек у тяжей; на фиг. 322 представлен нижний пояс с односкатною крышкою, которая опирается на продольные бруски *a*, прибитые к раскосам фермы. Если крышки над поясами не устраивают, то следует предохранять от дождя хотя бы стыки, покрывая их досчатым щитом или лучше железным листом (фиг. 323).

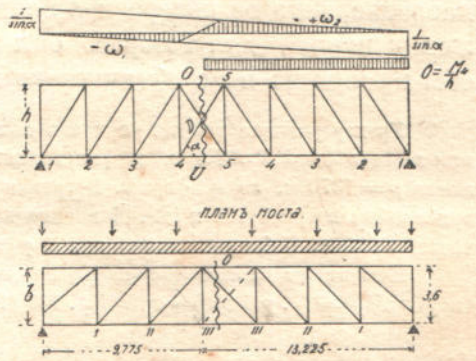
Расчет поясов. В фермах Гау вертикальные железные тяжи мешают расположению поперечных балок в узлах. Конечно можно было бы пропускать тяжи через балки, уложенные в узлах; но это неудобно потому, что затрудняется смена поперечных балок и на базах нельзя окончательно собирать фермы с тем, чтобы доставлять их на место работ в готовом виде. Поэтому поперечные балки приходится располагать не в узлах, а в пределах панелей, вследствие чего пояс, поддерживающий эти балки, прогибается и испытывает дополнительные напряжения. Чтобы уменьшить местный изгиб пояса, принимают следующие меры: 1) Стремятся уменьшить нагрузку поперечных балок или давление, передаваемое ими на пояса; это достигается устройством продольных балок как можно жестче, так как увеличивая жесткость продольных балок, т. е. их число и сечение, мы распределяем давление колес поезда на бо́льшее число поперечных балок и таким образом уменьшаем нагрузку, приходящуюся на каждую балку. 2) Для уменьшения изгибающего момента пояса, придвигают поперечные балки как можно ближе к узлам; при этом расстояния между поперечными балками получаются неодинаковыми (фиг. 374). 3) В последнее время сделан опыт укладки поперечных балок в узлах с применением парных тяжей, обхватывающих эти балки. Как видно из чертежей на лис. 12 атласа, пущены для прикрепления раскосов приходится делить на две половины и раздвигать их на ширину парных тяжей, отчего узлы выходят громоздкими.

Имея в виду, что поперечные балки обыкновенно располагаются не в узлах, а в пределах панелей, опираясь на один из поясов ферм, этот пояс, помимо продольного усилия, работает еще на местный изгиб и находится в более невыгодных условиях; поэтому расчет надо начинать с этого пояса. Рассмотрим мост с ездою по верху. В худших условиях находится верхний пояс; поэтому начнем с его расчета. В фермах Гау сечение пояса делается одинаковым на протяжении всего пролета; поэтому достаточно расчитать усилие в наиболее напряженной панели, т. е. для середины пролета, и по этому усилию подобрать сечение пояса. В средней панели 4—5 (фиг. 325) продольное усилие O верхнего пояса определяем по способу Риттера. Обозначим через M_4 сумму момента M_p от постоянной нагрузки и наибольшего для узла 4 момента M_k от поезда, тогда сжимающее усилие верхнего пояса в панели 4—5 от вертикальной нагрузки расчитывается по формуле $O' = -\frac{M_4}{h}$. Сжимающее усилие того же пояса от ветра, расчитанное для середины пролета, $O'' = -\frac{M_{III}}{b}$, где b — расстояние между осями ферм (фиг. 326). Момент M_{III} от давления ветра следует расчитать

Фиг. 324.

Фиг. 325.

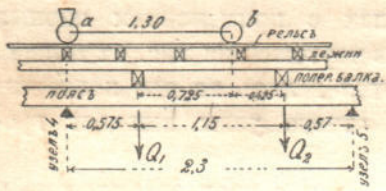
Фиг. 326.



относительно того узла связей, из которого исходит та диагональ средней панели связей, которая сжата при рассматриваемом направлении ветра. Согласно фиг. 326, представляющей план верхних связей, пояс O сжат при направлении ветра, показанном стрелками, и можно расчитать ветровой момент относительно любого из обоих узлов III в виду того, что обе диагонали средней панели имеют усилие, равное нулю. Ветер принимается равномерно распределенным, и потому $M_{III} = {}^1/_2\, w.x\,(l-x)$, где w — в кил. на пог. м. давление ветра, а $x = 9{,}775$ м.—расстояние узла III от левой опоры. Полное продольное усилие пояса будет $O = O' + O''$. Обозначая через ω — рабочую площадь и через φ — коэффициент уменьшения допускаемого напряжения на случай продольного изгиба, получаем сжимающее напряжение

$$n_1 = \frac{O}{\varphi . \omega}.$$

Напряжение от изгиба, вызванного давлением поперечных балок и собственным весом пояса, принято расчитывать в предположении, что пояс разрезан в узлах, т. е. рассматривать пояс как балку, свободно лежащую на двух опорах с пролетом, равным длине d панели. Пусть (фиг. 327) каждая поперечная балка оказывает на пояс одинаковое давление Q и находится на расстоянии c ($= 0{,}575$ м.) от узла, и пусть собственный вес пояса равен q кил. на пог. м. пояса; тогда наибольший местный изгибающий

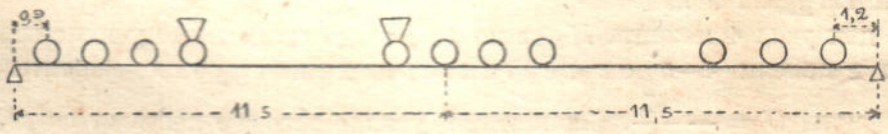


Фиг. 327.

момент $M = Q\,.\,c + {}^1/_8\,.\,q\,.\,d^2$. Напряжение материала $n_2 = \frac{M.e}{J}$, где e — расстояние наиболее удаленного волокна от нейтральной оси, J (netto)— момент инерции сечения пояса. Необходимо иметь в виду, что напряжение n_2 складывается с напряжением n_1, а потому под Q следует разуметь то давление, которое поперечная балка производит на пояс при том же положении поезда, для которого был расчитан момент M_k. Поэтому давления обеих балок на пояс обыкновенно не будут равны между собою.

Пример расчета усилия верхнего пояса для моста Гау пролетом $l = 23$ м. (фиг. 325), при высоте ферм $h = 4{,}5$ м. и расстоянии между ними $b = 3{,}6$ м. Постоянная нагрузка моста $p = 1370$ к. на м. фермы. Ветровая нагрузка $w = 519$ к. на пог. м. верхних связей при слабом ветре в 132 к./м.². Давление конца поперечной балки на пояс от веса проезжей части $= 696$ к. Собственный вес пояса $q = 168$ к. на пог. м.

Момент от постоянной нагрузки для узла 4, отстоящего на $x = 9{,}2$ м. от левой опоры: $M_p = {}^1/_2\,.\,p\,.\,x\,(l-x) = {}^1/_2\,.\,1370\,.\,9{,}2\,.\,13{,}8 = 87000$ к. м.



Фиг 328.

Наибольший момент от поезда 1896 г. соответственно расположению колес, показанному на фиг. 328, вычисленный по таблице моментов:

$$M_k = \frac{1}{2}\left\{\frac{639{,}0 + 97{,}5 . 2{,}2}{23{,}0} . 9{,}2 + \frac{58{,}5 + 45{,}0 . 1{,}2}{23{,}0} . 13{,}8\right\} = 204000 \text{ к. м.}$$

От полной вертикальной нагрузки момент

$$M_1 = M_p + M_k = 87000 + 204000 = 291000 \text{ к. м.}$$

Усилие пояса от вертикальной нагрузки

$$O' = -\frac{M_1}{h} = \frac{291000}{4{,}5} = 64800 \text{ к.}$$

Сжимающее усилие пояса от ветра (см. фиг. 326):

$$O'' = \frac{M_{III}}{3{,}6} = \frac{w . x (l-x)}{2 . 3{,}6} = \frac{519 . 9{,}775 . 13{,}225}{2 . 3{,}6} = 9320 \text{ к.}$$

Наибольшее продольное усилие верхнего пояса от совместного действия вертикальной нагрузки и ветра $O = O' + O'' = 64800 + 9320 = 74100$ к.

Местный изгиб пояса. Колеса поезда следовало бы установить в том-же положении, которое послужило для расчета наибольшего продольного усилия в панели 4—5 пояса (фиг. 328), т. е. колесо 4 следовало бы установить над узлом 4 (фиг. 327), а колесо 5—на расстоянии 1,3 м. от него. При таком положении колес следовало бы расчитать давления Q_1 и Q_2 обеих поперечных балок, пользуясь теорией неразрезной балки на упругих опорах, каковою является продольный лежень. Столь сложный расчет не соответствует грубой деревянной конструкции; поэтому пользуемся следующим упрощенным способом расчета. Допуская равномерное распределение веса паровоза, получаем равномерную нагрузку от паровоза $= \frac{7500}{1{,}3} = 5769$ к. на пог. м. каждого рельса, причем 7500—давление колеса, а 1,3 м.—расстояние между смежными колесами. При расстоянии между поперечными балками в 1,15 м. давление конца каждой поперечной балки от паровоза будет

$$Q' = 5769 . 1{,}15 = 6634 \text{ к.}$$

Прибавляя давление $Q'' = 696$ к., соответствующее весу проезжей части, получаем полное давление конца каждой поперечной балки на пояс

$$Q = Q' + Q'' = 6634 + 696 = 7330 \text{ к.}$$

Вводя еще собственный вес пояса $q = 168$ к. на п. м. пояса, получаем наибольший момент от местного изгиба пояса $M = 7330 . 0{,}575 . 100 + {}^1/_8 . 168 . 2{,}3^2 . 100 = 432584$ к. см.

Подбор сечения пояса. Предположим, что пояс сжимается продольною силою O и одновременно изгибается моментом M. Допустим, что пояс составлен из n брусьев сечением $b . h$ и что в одном и том-же сечении может быть стык только одного бруса, перекрытый железными накладками со шпонками. Полагая, что все три бруса ослабляются двумя горизонтальными болтами диам. 2 см. (фиг. 329), получим рабочую площадь сечения пояса

$$\omega_{netto} = 3 (b . h - 2 . b . d).$$

Сжимающее напряжение от продольной силы O будет $n_1 = \frac{O}{\varphi . \omega_{netto}}$

где φ — коэффициент уменьшения напряжения на случай продольного изгиба (из таблицы на стр. 25). Сжимающее напряжение от изгибающего момента $n_2 = \frac{M}{W_{netto}}$, где W_{netto} — момент сопротивления относительно горизонтальной оси x-x сечения, ослабленного двумя горизонтальными болтами (фиг. 329).

При суммировании напряжений n_1 и n_2 от продольной силы и от изгиба, следует иметь в виду, что допускаемое напряжение R на сжатие меньше от напряжения R_n на изгиб; поэтому суммируя оба напряжения n_1 и n_2, надо привести их к одному знаменателю. Если полное напряже-

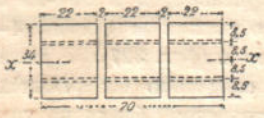
ние желательно сравнить с допускаемым напряжением R на сжатие, то полное напряжение определяем по формуле:

$$N = n_1 + \frac{R}{R_n} \cdot n_2 < R \quad \text{или} \quad N = \frac{O}{\varphi \cdot \omega_{\text{netto}}} + \frac{R}{R_n} \cdot \frac{M}{W_{\text{netto}}} < R$$

Полное напряжение определяется отдельно при действии только вертикальной нагрузки и затем при совместном действии ветра и вертикальной нагрузки.

Расчет растянутого пояса производится таким-же образом, но без введения коэффициента φ. Если пояс не работает на местный изгиб от давления поперечных балок, то подбор сечения упрощается, так как расчет ведется только на продольную силу.

Пример. По продольным усилиям O и O^1 и по изгибающему моменту M, расчитанным на стр. 161, подобрать сечение верхнего пояса фермы, изображенной на фиг. 309. Согласно фиг. 329 принимаем пояс из трех брусьев 22 × 34 см. Площадь сечения пояса, ослабленного двумя горизонтальными болтами диам. 2 см.



Фиг. 329.

$$\omega_{\text{netto}} = 3 \cdot 22\,(34 - 2.2) = 1980 \text{ см.}^2$$

Момент инерции относительно оси x—x всего сечения, ослабленного двумя горизонтальными болтами диам. 2 см.

$$I_{x\ \text{netto}} = 3\left[{}^1/_{12} \cdot 22 \cdot 34^3 - 2\,(22 \cdot 8{,}5^2 + {}^1/_{12} \cdot 22 \cdot 2^3)\right] = 206559 \text{ см.}^4$$

Момент сопротивления

$$W_{x\ \text{netto}} = \frac{206559}{17} = 12150 \text{ см.}^3 \quad \text{При} \quad \frac{l}{h} = \frac{230}{34} = 6{,}8$$ получаем коэффициент уменьшения напряжения на случай продольного изгиба $\varphi = 0{,}91$ (по таблице на стр. 25).

Полное напряжение только от вертикальной нагрузки

$$N^1 = \frac{64800}{0{,}91 \cdot 1980} + \frac{70}{80} \cdot \frac{432584}{12150} = 67 < 70 \text{ к/см.}^2$$

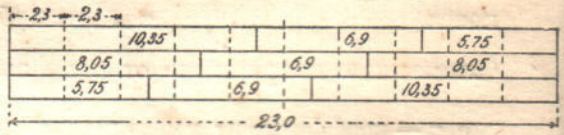
Полное напряжение от совместного действия ветра и вертикальной нагрузки

$$N'' = \frac{74100}{0{,}91 \cdot 1980} + \frac{81}{92} \cdot \frac{432584}{12150} = 73 < 81 \text{ к/см.}^2$$

§ 45. Стыки поясов в фермах Гау.

Размещение стыков. Если пояс составлен из двух или нескольких брусьев, то их стыки могут быть расположены или все в одном сечении (фиг. 330), или же в одиночку, т. е. так, чтобы в одной и той-же панели находился стык только одного бруса (фиг. 331). Это зависит от

Фиг. 330.



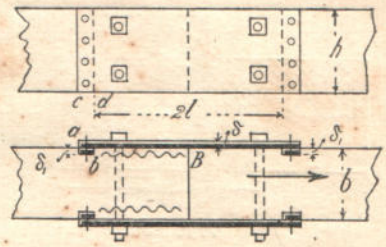
Фиг. 331.

того, работает ли пояс на растяжение, на сжатие или на изгиб. В поясе только сжатом стыки всех брусьев можно располагать в одном и том же сечении; необходимо только принять меры против поперечного сдвига концов брусьев, напр., обжать стыки плоскими накладками. В поясе только растянутом расположение стыков всех брусьев в одном и том же сечении также возможно, но нежелательно, так как при этом совпадают места наибольшего ослабления всех брусьев и общее ослабление

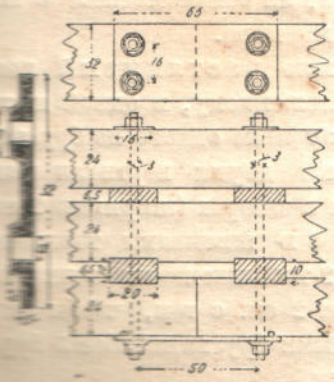
пояса получается слишком большим; поэтому стыки брусьев растянутого пояса лучше располагать в ступенчатом порядке, т. е. так, чтобы в одной и той же панели находился стык только одного бруса. В поясе, работающем на местный изгиб, брусья в месте стыка слабо сопротивляются изгибу; поэтому стыки следует располагать в ступенчатом порядке так, чтобы в одной и той же панели находился стык только одного бруса. Итак только в исключительно сжатом поясе стыки всех брусьев располагаются в одном и том же сечении. Во всех остальных случаях стыки следует располагать в ступенчатом порядке так, чтобы в одной и той же панели находился стык только одного бруса.

При размещении стыков желательно придерживаться какой-нибудь симметрии относительно середины пролета. На фиг. 331 изображена эпюра распределения стыков в трех брусьях нижнего пояса, работающего на растяжение и на местный изгиб. Стыки среднего бруса расположены на расстоянии 3,45 м. вправо и влево от середины пролета; стыки боковых брусьев сдвинуты на длину панели в 2,3 м. в разные стороны от стыка среднего бруса. Верхний пояс той же фермы работает только на сжатие и стыки всех его брусьев расположены в одном и том же сечении на полторы панели (3,45 м.) вправо и влево от середины пролета (фиг. 330).

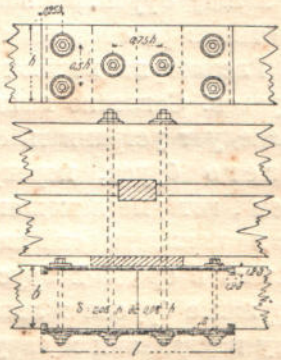
Способы перекрытия стыков. Для перекрытия стыков лучше всего пользоваться железными накладками. Деревянные накладки больше не применяются. Способ перекрытия стыка обусловливается тем, работает ли пояс на сжатие, на растяжение или на изгиб. В сжатом поясе можно было бы оставить стык без перекрытия, так как давление передается непосредственно от торца торцу; однако, во избежание выпучивания стыка, принято и такой стык перекрывать вертикальными плоскими накладками. В растянутом поясе нельзя ограничиться прикреплением накладок только одними болтами, так как болтам пришлось бы работать на изгиб, которому они плохо сопротивляются.



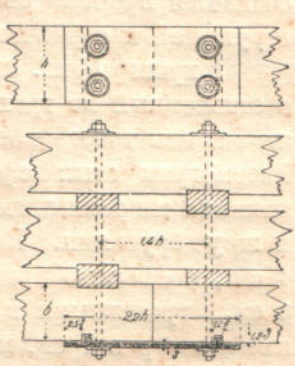
Фиг. 332.



Фиг. 333.



Фиг. 334.

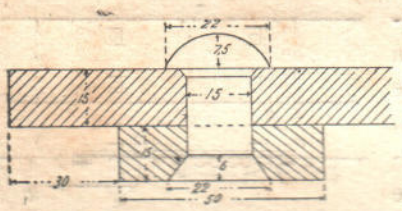


Фиг. 335.

В этом случае приходится применять накладки со шпонками (фиг. 332), которые врезываются в брусья. Если вертикальных накладок недостаточно

для перекрытия стыка растянутого пояса, то по верху и по низу брусьев добавляют еще горизонтальные накладки со шпонками. Стыки брусьев, работающих на изгиб, следует всегда перекрывать горизонтальными накладками со шпонками, так как вертикальные накладки слабо сопротивляются изгибу. Ради экономии в накладках, при ступенчатом стыке иногда устраивают одиночные накладки. В случае, показанном на фиг. 335, стык крайнего бруса перекрыт только одною накладкою, которая воспринимается все усилие бруса; благодаря внецентренной передаче усилия, может отколоться слой дерева между шпонками накладки. В помощь одиночной накладке можно поместить шпонки в ближайшем зазоре, как показано в фиг. 333. Вследствие усушки шпонок, нельзя расчитывать на правильную работу такого стыка. Поэтому применять одиночные накладки не рекомендуется и всегда следует устраивать парные накладки (фиг. 334).

Железные накладки толщиною около 10 мм. выделываются по возможности из универсального железа такой же ширины, как высота бруса или немного меньше. Длина накладок зависит от числа шпонок и расстояния между ними, что определяется расчетом. Шпонки изготовляются из брускового железа шириною 50—60 мм., толщиною 20—40 мм. и прикрепляются к листам заклепками диам. 16 до 20 мм. с одною потайною головкою (фиг. 336). В наружных накладках все шпонки располагаются с одной стороны. Внутренние накладки располагаются в зазоре между брусьями и делаются такой же толщины, около 10 м.м., как наружные накладки. Ширина зазора между брусьями принимается около 20 мм.; поэтому приходится ставить прокладки толщиною около 10 мм. В качестве таких прокладок удобно пользоваться шпонками, которые приклепываются в концах накладки. Эти шпонки полезно делать на 2 см. толще ширины зазора и врезывать их на 2 см. в соседний брус (фиг. 337); таким образом создается прочная связь между брусьями пояса. Для ознакомления с конструкцией и с расчетом стыков рассмотрим три примера.



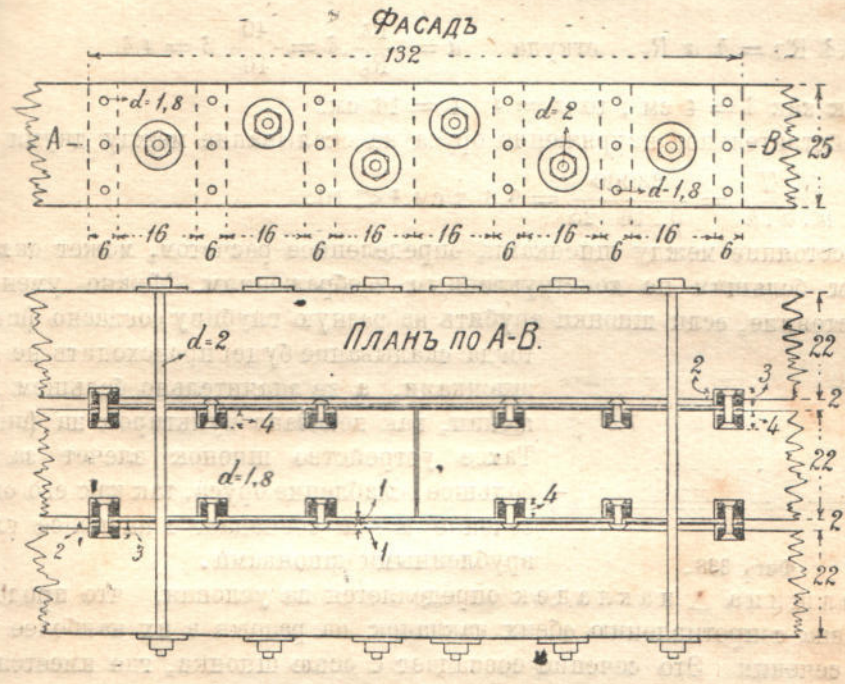
Фиг. 336.

I пример (фиг. 337). Рассмотрим исключительно растянутый пояс, составленный из трех брусьев. Согласно вышеизложенному, в одной и той же панели такого пояса следует устраивать стык только одного из брусьев. Рассмотрим стык среднего бруса, перекрытый двумя вертикальными накладками толщиною 1 см., которые помещаются в зазорах (шириною 2 см.) между брусьями. Каждая накладка снабжена 6-ю шпонками толщиною 4 см., полностью врезанными в средний брус и 2-мя шпонками толщиною 3 см., врезанными в наружные брусья только на 2 см. с тем, чтобы оставался зазор в 1 см. между накладками и наружными брусьями. Все 3 бруса стянуты 6-ю горизонтальными болтами диам. 2 см.

Расчет стыка состоит в определении: 1) толщины шпонок, 2) расстояния между шпонками, 3) толщины накладок и 4) числа заклепок для прикрепления шпонок.

Наибольшее растягивающее усилие пояса $U = 69000$ k. На каждый из трех брусьев сечением 22×25 см. приходится усилие

$$\frac{1}{3} U = \frac{1}{3} \cdot 69000 = 23000 \text{ k}.$$



Фиг. 337. Стык в растянутом поясе.

Толщина или глубина врубки шпонок определяется из условия, что сопротивление бруса на смятие вдоль волокон должно равняться продольной силе. При определении сминаемой площади следует пренебрегать болтами, в виду затруднительности их точной пригонки, и вводить только площадь, соответствующую шпонкам.

Обозначим через $n = 6$ — число шпонок в каждом конце бруса,

$h = 25$ см — высоту бруса,

δ — искомую толщину шпонки,

$R\delta = 40$ к/см.² допускаемое напряжение бруса на смятие вдоль волокон.

$$n \cdot h \cdot \delta \cdot R\delta = \frac{1}{3} U$$

$$\text{откуда } \delta = \frac{\frac{1}{3} U}{n \cdot h \cdot R\delta} = \frac{23000}{6 \cdot 25 \cdot 40} = 3{,}8 \text{ см}.$$

Принимаем $\delta = 4$ см., тогда действительное напряжение бруса на смятие будет $\frac{\frac{1}{3} U}{n \cdot h \cdot \delta} = \frac{23000}{6 \cdot 25 \cdot 4} = 38$ к/см.² < 40. Если по расчету получается слишком большая глубина врубки, так что сечение бруса сильно ослабляется, то увеличивают число шпонок до четырех с каждой стороны стыка или же добавляют горизонтальные накладки со шпонками.

Расстояние в свету между шпонками зависит от глубины их врубки и определяется из условия, что сопротивление одной шпонки на скалывание равняется сопротивлению на скалывание того слоя бруса который заключается между двумя смежными шпонками.

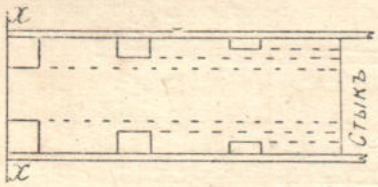
Обозначим через a — в см. расстояние в свету между смежными шпонками,
$R_t = 10$ к/см.² — допускаемое напряжение на скалывание вдоль волокон.

$$h.\delta.R_\delta = h.a.R_t \quad \text{откуда} \quad a = \frac{R_\delta}{R_t}.\delta = \frac{40}{10}.\delta = 4\,\delta.$$

Так как $\delta = 4$ см., то $a = 4 . 4 = 16$ см.

Действительное напряжение бруса на скалывание между двумя шпонками: $\frac{{}^1/_3\, U}{n.a.h} = \frac{23000}{6.16.25} = 9{,}6$ к/см.² < 10.

Расстояние между шпонками, определенное расчетом, может оказаться слишком большим по конструктивным соображениям. Можно уменьшить это расстояние, если шпонки врубить на разную глубину согласно фиг. 338; тогда скалывание будет происходить не между шпонками, а на значительно большем протяжении, как показано пунктиром на фиг. 338. Такое устройство шпонок влечет за собой большое ослабление бруса, так как его опасное сечение $x-x$ совпадает с наиболее глубоко врубленными шпонками.



Фиг. 338.

Толщина △ накладок определяется из условия, что продольная сила равна сопротивлению обеих накладок на разрыв в их наиболее ослабленном сечении. Это сечение совпадает с осью шпонки, где имеется 3 заклепочных отверстия $d = 1{,}8$ см. Допускаемое напряжение на разрыв $R = 700$ к/см.².

$${}^1/_3\, U = 2\,(h - 3.d).\triangle.R \quad \text{откуда} \quad \triangle = \frac{{}^1/_3\, U}{2\,(h - 3\,d).R} = \frac{23000}{2\,(25 - 3.1{,}8)\,700} = 0{,}84 \text{ см.}$$

Принимаем толщину $\triangle = 1$ см., тогда действительное напряжение накладки

$$\frac{{}^1/_3\, U}{2\,(h - 3\,d)\,.\,\triangle} = \frac{23000}{2\,.\,(25 - 3.1{,}8)\,.\,1} = 585 \text{ к/см.}^2 < 700.$$

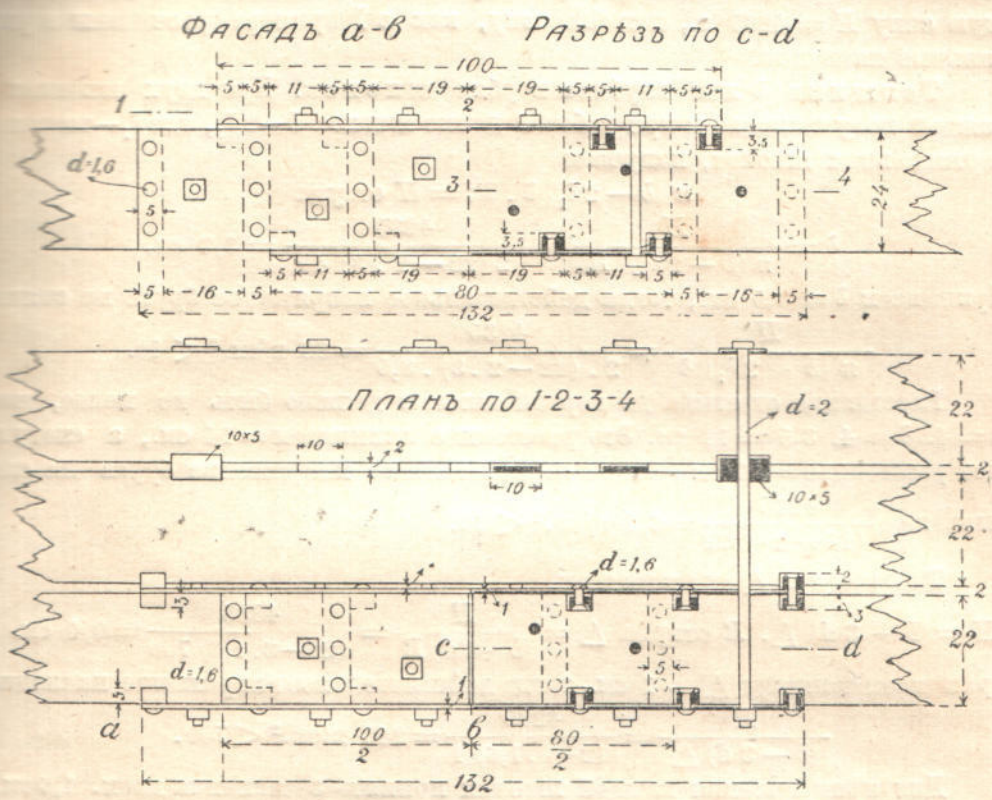
Число n_0 заклепок в каждой шпонке определяется из условия, что продольная сила, приходящаяся на одну шпонку, равна сопротивлению на срезывание всех заклепок этой шпонки, причем допускаемое напряжение для заклепок на срезывание $R_t = 600$ к/см.², а диаметр заклепок $d = 1{,}8$ см.

$$\frac{U}{3\,.\,6} = n_0\,.\,\frac{\pi\,.\,d^2}{4}\,.\,R_t \quad \text{откуда} \quad n_0 = \frac{U}{3.6.{}^1/_4\,\pi.d^2.R_t} = \frac{69000}{3.6.2{,}54.600} = 2{,}5.$$

Принимаем 3 заклепки диам. 1,8 см.; тогда действительное напряжение заклепок на срезывание $\frac{U}{3.6.{}^1/_4.\pi.d^2.3} = \frac{69000}{3.6.2{,}54.3} = 503$ к/см.² < 600.

II пример (фиг. 339). Рассмотрим пояс, работающий одновременно на изгиб и растяжение, и составленный из трех брусьев. Согласно вышеизложенному, в одной и той-же панели такого пояса следует устраивать стык только одного из брусьев. Рассмотрим стык одного из крайних брусьев пояса, перекрытый сбоку двумя вертикальными накладками, а сверху и снизу—горизонтальными накладками. Наружная вертикальная накладка имеет 6 шпонок толщиною 3 см. Внутренняя вертикальная накладка толщиною в 1 см. помещается в 2 см. зазоре между брусьями и

соединены с одной стороны 6-ю шпонками толщиною 3 см., а с другой стороны—двумя шпонками толщиною 3 см., которые служат прокладками между брусьями и врезаны в средний брус на глубину 2 см. Верхняя и нижняя накладки толщиною 1 см. имеют по 4 шпонки толщиною 3,5 см.,



Фиг. 339. Стык в поясе, работающем одновременно на изгиб и растяжение.

врезанных в брус. Шпонки вертикальных и горизонтальных накладок следует располагать так, чтобы они взаимно зацеплялись; таким образом можно повысить прочность стыка. Если стык работает на изгиб, нижние горизонтальные шпонки должны примыкать к вертикальным шпонкам со стороны, обращенной к стыку, а верхние горизонтальные шпонки—с другой стороны (фиг. 339); вследствие этого длина верхней горизонтальной накладки получается больше чем нижней. Обе эти накладки связаны между собою 4-мя вертикальными болтами диам. 2 см., а через боковые накладки пропущено 6 горизонтальных болтов диам. 2 см.

Расчет стыка произведем в предположении, что растягивающее усилие целиком воспринимается вертикальными накладками, а изгибающий момент только горизонтальными накладками; тогда вертикальные накладки, передающие исключительно силу $^1/_3\,U$, можно расчитать во всем согласно изложенному в I примере. Не останавливаясь на этом вопросе, перейдем к расчету горизонтальных накладок, находящихся под действием изгибающаго момента, который составляет 432000 к. см. для всего пояса или $M=144000$ к. см. для каждого бруса. Этот момент можно заменить моментом пары продольных сил H с плечом h, равным высоте бруса, причем одна сила H

действует в плоскости верхней накладки, сжимая ее, а другая сила H—в плоскости нижней накладки, растягивая ее.

$$M = H \,.\, h \text{ откуда } H = \frac{M}{h} = \frac{144000}{34} = 4235 \text{ к.}$$

Дальнейший расчет сводится к расчету нижней накладки на растягивающую силу $H = 4235$ к., подобно тому, как в I примере расчитаны вертикальные накладки.

Толщина δ или глубина врубки шпонок. При двух шпонках в каждой полунакладке и при рабочей длине шпонок $b - 2\,\delta_1$, где δ_1—толщина вертикальных шпонок, получаем

$$n\,(b - 2\,\delta_1)\,\delta \,.\, R_\delta = H \text{ откуда}$$

$$\delta = \frac{H}{n\,(b - 2\,\delta_1)\;R_\delta} = \frac{4235}{2\,(22 - 2\,.\,3)\;40} = 3{,}3 \text{ см.}$$

Принимаем $\delta = 3{,}5$ см., тогда действительное напряжение бруса на смятие

$$\frac{H}{n\,(b - 2\,\delta_1)\;\delta} = \frac{4235}{2\,.\,(22 - 2\,.\,3)\,.\,3{,}5} = 38 \text{ к/см.}^2 < 40.$$

Расстояние от стыка до первой шпонки должно быть не менее, чем $a = 4.\ \delta = 4.\ 3{,}5 = 14$ см. Это расстояние принимаем $= 14$ см., а следующее расстояние $= 16$ см., тогда действительное напряжение бруса на скалывание $\dfrac{4235}{(14 + 16)\;22} = 6{,}4$ к/см.$^2 < 10$.

Толщина $\triangle$ накладки.

$$H = (b - 3\,d)\;\triangle.\;R \text{ откуда } \triangle = \frac{H}{(b - 3\,d)\,R} = \frac{4235}{(22 - 3\,.\,1{,}6)\;700} = 0{,}4 \text{ см.}$$

Принимаем толщину $\triangle = 1$ см., тогда действительное напряжение накладки

$$\frac{H}{(b - 3\,d)\;\triangle} = \frac{4235}{(22 - 3\,.\,1{,}6)\;1} = 246 \text{ к/см.}^2 < 700.$$

Для прикрепления каждой шпонки принято 3 заклепки диам. 1,6 см., действительное напряжение которых на срезывание

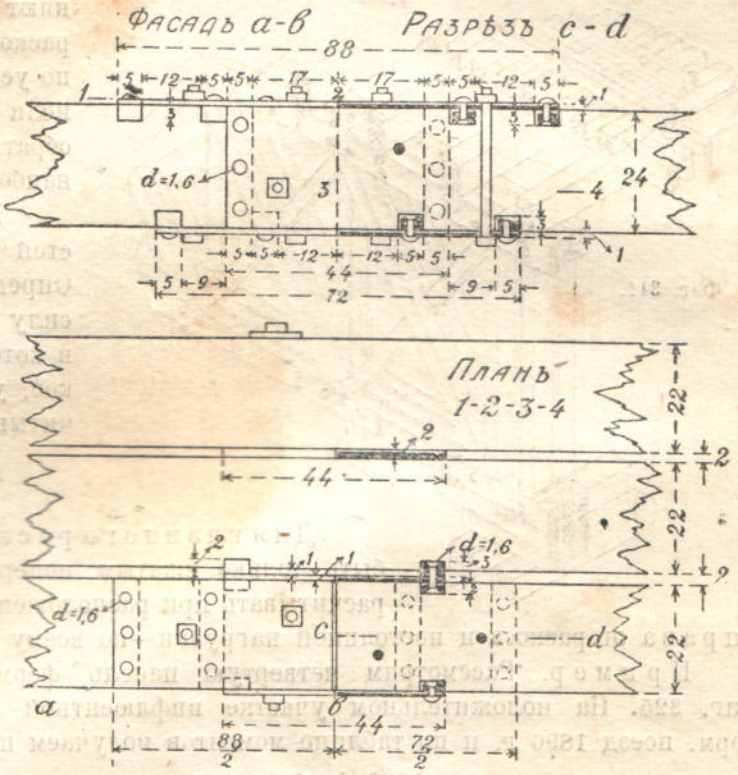
$$\frac{H}{2\,.\,{}^1/_4\,.\,\pi\,.\,d^2\,.\,3} = \frac{4235}{2.2{,}01\,.\,3} = 352 \text{ к/см.}^2 < 600.$$

Если растягивающее усилие пояса настолько велико, что для его передачи недостаточно вертикальных накладок и необходимо воспользоваться также горизонтальными накладками, то нижняя накладка расчитывается на растягивающую силу, равную $M : h$, т. е. продольной силе, вызванной изгибающим моментом, + остаток силы U, не воспринятый вертикальными накладками. Верхняя накладка работает в более благоприятных условиях, чем нижняя, так как продольная сила $M : h$ сжимает накладку, между тем как остаток усилия U растягивает ее.

III. Пример. (фиг. 340). Рассмотрим пояс, который работает одновременно на изгиб и сжатие и составлен из трех брусьев. Так как пояс изгибается, то в одной и той же панели следует устраивать стык только одного из брусьев. Рассмотрим стык одного из крайних брусьев пояса, перекрытый сбоку двумя вертикальными накладками, а сверху и снизу—горизонтальными накладками. Наружная вертикальная накладка толщиною 1 см. имеет 2 шпонки толщиною 2 см. Внутренняя вертикальная накладка толщиною в 1 см. помещается в 2 см. зазоре между брусьями и снабжена

с фер. Гау 42, 46, 47, 8, 9, 50, 51, 54, 55

с каждой стороны двумя шпонками. Шпонки, врезанные в соседний брус, имеют толщину в 3 см., но врезаны только на 2 см., так как оне служат кроме того прокладками для сохранения зазора в 1 см. Верхняя и нижняя накладки толщиною 1 см. имеют по 4 шпонки толщиною 3 см., врезанные в брус. Шпонки горизонтальных и вертикальных накладок взаимнозацепляются, причем нижние горизонтальные шпонки примыкают к вертикальным шпонкам со стороны, обращенной к стыку, а верхние горизонтальные шпонки с другой стороны (фиг. 340); вследствие этого верхняя горизонтальная накладка длиннее нижней. Верхняя и нижняя накладки связаны между собою 4-мя вертикальными болтами диам. 2 см., а через боковые накладки пропущено 4 горизонтальных болта диам. 2 см. Расчет этого стыка сводится к расчету горизонтальных накладок, из которых верхняя сжата, а нижняя растянута продольною силою $M:h$, вызванною изгибающим моментом M (см. стр. 168); что касается боковых накладок, то они не расчитываются, так как сжимающее усилие пояса передается непосредственно через торцы брусьев.

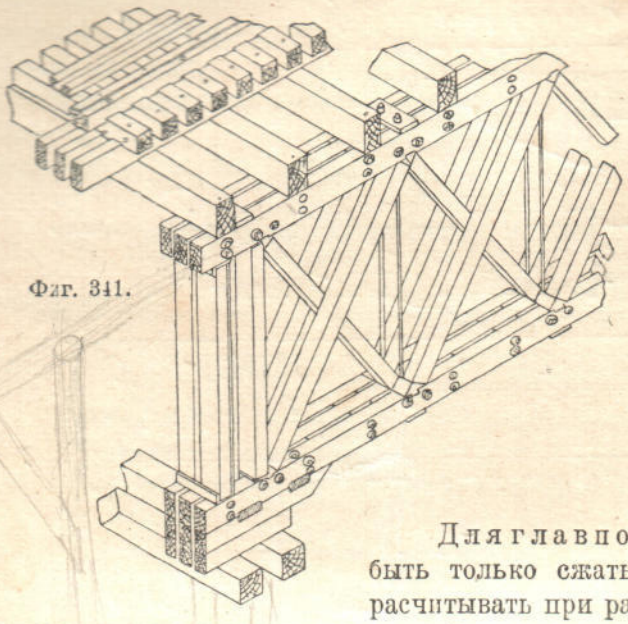


Фиг. 340. Стык в поясе, работающем одновременно на изгиб и сжатие.

§ 46. Раскосы ферм системы Гау.

Если пояса фермы состоят из двух или трех брусьев, главные раскосы лучше всего устраивать из двух брусьев, а обратные раскосы—из одного бруса. Как видно из фиг. 341, оба бруса главных раскосов располагаются с широким зазором для пропуска обратного раскоса. В месте взаимного пересечения раскосы не врубаются, а соединяются только горизонтальным болтом. На фиг. 341 эти болты не показаны. В каждой панели общая толщина раскосов, прямого и обратного вместе, не должна быть больше ширины пояса. Толщину всех раскосов, считая поперек моста, стараются сохранить одинаковою во всех панелях; тогда во всех узлах подушке для прикрепления раскосов к поясам можно придать одинаковые размеры. Ширину (по фасаду фермы) главных раскосов уменьшают от опор к середине пролета, по мере уменьшения поперечной силы. Чтобы избежать

слишком большого разнообразия в сортах леса, раскосы подразделяются на серии и все раскосы одной и той же серии подбираются одинакового сечения. Что касается обратных раскосов, то их сечение, обыкновенно, сохраняют постоянным для всех раскосов и определяют его по усилию в средней панели фермы, где усилие обратного раскоса имеет наибольшую величину.



Фиг. 341.

Расчет раскосов простой раскосной фермы. Определив поперечную силу Q для той панели, в которой находится раскос, усилие раскоса расчитываем по формуле:

$$D = \frac{Q}{\sin \alpha}.$$

Для главного раскоса который может быть только сжатым, поперечную силу Q надо расчитывать при расположении поезда только справа от раскоса и постоянной нагрузки—по всему пролету.

Пример. Рассмотрим четвертую панель фермы, показанной на фиг. 325. На положительном участке инфлюентной линии располагаем норм. поезд 1896 г. и по таблице моментов получаем поперечную силу

$$Q_k = \frac{5030 + 85{,}0 \,.\, 1{,}5}{2 \,.\, 23{,}0} = + 13700 \text{ к.}$$

Постоянная нагрузка p, равномерно распределенная по всему пролету, дает для той же панели поперечную силу, величина которой может быть вычислена по площадям инфлюентной линии

$$Q_p = p.(\omega_2 - \omega_1) = {}^1/_2 . 1370\,(0{,}5 . 12{,}78 - 0{,}4 . 10{,}23) = + 1570 \text{ к.}$$

Сжимающее усилие главного раскоса $D_4 = \frac{Q_4}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin \alpha}\left(Q_k + Q_p\right)$.

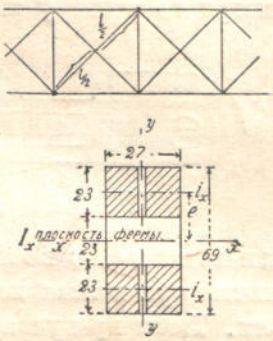
Усилие S обратного раскоса (см. фиг. 325) получается при расположении поезда только на левом участке инфлюентной линии. По таблице моментов получается усилие

$$S = \frac{1}{\sin \alpha}\left(\frac{387 + 72{,}5 \,.\, 0{,}8}{2 . 23}\right) = 10900 \text{ к.}$$

От постоянной нагрузки обратный раскос не работает, так как она может вызвать в раскосе только растягивающее усилие, которого раскос не может воспринять. Поэтому расчетное усилие для обратного раскоса средней панели будет $S = -10900$ к. В остальных панелях обратные раскосы исполняются того-же сечения, как в средней панели.

Поверка раскосов на продольный изгиб производится в двух предположениях: 1) на случай изгиба в плоскости фермы, причем расчетная длина равна половине длины l раскоса (фиг. 342) и момент инерции сечения

принимается относительно оси $y\,y$; 2) на случай изгиба из плоскости фермы, причем расчетная длина равна полной длине l раскоса, а момент инерции принимается относительно оси $x\,x$. При этом может быть два случая: a) если оба бруса раскоса не связаны между собою, то $J_x = 2 . i_x$ (фиг. 343); b) если на протяжении всей длины раскоса оба его бруса связаны между собою болтами и прокладками, то $J_x = 2\,(i_x + \omega . e^2)$, причем ω — площадь сечения одного бруса.



Фиг. 342 и 343.

Пример. Раскос длиною 454 см. сжат усилием $D = 70000$ к. и имеет сечение, показанное на фиг. 343, для которого $\omega_{\text{netto}} = 2 . 23\ (27-2) = 1150$ см.^{2}.

I. Случай. Изгиб в плоскости фермы.

$$l = \frac{454}{2} = 227 \text{ см.}, \qquad h = 27 \text{ см.} \qquad \frac{l}{h} = \frac{227}{27} = 8{,}4.$$

По таблице на стр. 25 находим $\varphi = 0{,}88$. Сжимающее напряжение по формуле

$$n = \frac{D}{\varphi . \omega} = \frac{70000}{0{,}88 . 1150} = 69 < 70 \text{ к./см.}^2.$$

II. Случай. Изгиб из плоскости фермы. $l = 454$ см.

Площадь сечения: $\omega_{\text{brutto}} = 2 . 23 . 27 = 1240$ см.^{2} Оба бруса связаны между собою болтами и прокладками; поэтому сечение раскоса рассматривается как составное. Момент инерции сечения относительно оси $x\,x$:

$$J_{x\ \text{brutto}} = \frac{27\,(69^3 - 23^3)}{12} = 712000 \text{ см.}^4 \quad r = \sqrt{\frac{J}{\omega}} = \sqrt{\frac{712000}{1240}} = 24 \text{ см.}$$

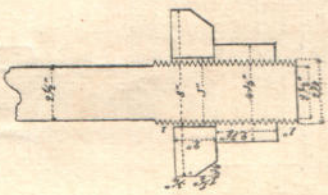
Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения по формуле Навье

$$\frac{l}{r} = \frac{454}{24} = 19 \quad \varphi = \frac{1}{1 + 0{,}00016\,(l/r)^2} = \frac{1}{1 + 0{,}00016 . 19^2} = 0{,}95.$$

Сжимающее напряжение: $$n = \frac{70000}{0{,}95 . 1150} = 64 < 70 \text{ к./см.}^2$$

§ 47. Тяжи ферм системы Гау.

Вертикальные тяжи ферм Гау всегда растянуты и выполняются из круглого железа диаметром 2 до 10 см. Оба конца тяжа снабжаются нарезкою и гайкою. Это требуется для удобства сборки и натяжения тяжей. Перед нарезкою, конец тяжа осаживается настолько, чтобы сечение тяжа, ослабленное нарезкою, получалось не меньше основного сечения (фиг. 344). Тогда сопротивление тяжа будет одинаковым по всей его длине. При несоблюдении этого условия, принимается в расчет самое слабое сечение в нарезке. Нарезка делается треугольная при диаметре до 35 мм. и прямоугольная при диаметре более 35 мм. Завинчивая гайки, можно подтягивать тяжи, не только при сборке моста, но и после, если под действием усушки дерева фермы провисли. Подтягивая тяжи, можно приподнять пролетные фермы и вернуть им первоначальный вид. Для удобства под-


Фиг. 344.

тягивания тяжей, иногда снабжают их **стяжными муфтами** (фиг. 345). В таком случае, на концах тяжа гайки должны быть обеспечены от развинчивания, для чего применяются контр-гайки или чеки (фиг. 345 слева). Смотря по размеру железа и числу брусьев в поясах, тяжи могут быть

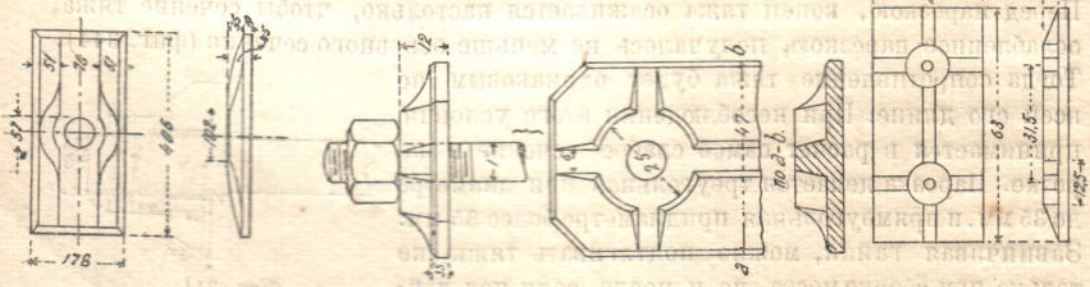
Фиг. 345.

одиночные, двойные, тройные и т. д. Одиночные тяжи применяются при поясах из одного или двух брусьев; двойные—при трех брусьях. Тяжи пропускаются через зазоры между брусьями поясов.

В мостах с ездою по верху тяжи, пропущенные через центр узлов, неудобны тем, что мешают укладке поперечных балок в узлах верхнего пояса; конечно можно было бы пропускать тяжи через балки, уложенные в узлах; но это неудобно в двух отношениях: затрудняется смена поперечных балок и на базах нельзя окончательно собирать фермы, с тем чтобы доставлять их на место работ в готовом виде. Поэтому в последнее время сделан опыт применения парных тяжей, считая по фасаду ферм (см. лис. 12 атласа). Такие тяжи действительно не мешают укладке поперечных балок в узлах ферм, но зато узлы ферм получаются очень громоздкими, так как подушки для прикрепления раскосов приходится делить на две половины и выдвигать их за пределы тяжей; кроме того число стержней, образующих отдельные тяжи, удваивается сравнительно с обыкновенной конструкцией. Расчет тяжей

Чем больше число стержней в тяже, тем неравномернее распределяется между ними усилие. По этой причине допускаемое напряжение на растяжение надо уменьшать, по мере увеличения числа стержней. При одиночных тяжах допускают на растяжение 750 к./см.², а при наличии стяжных муфт—600 к./см.². По допускаемому напряжению и по поперечной силе производят подбор сечения тяжей для каждого узла отдельно. В соответствии с величиной поперечной силы, тяжи получаются бо́льшего диаметра вблизи опор и меньшего—около середины пролета.

Подгаечники. Чтобы гайки тяжей не вдавливались в брусья пояса, под них помещают подгаечник, общий для всех брусьев пояса. Подгаечники



Фиг. 346. Фиг. 347. Фиг 348.

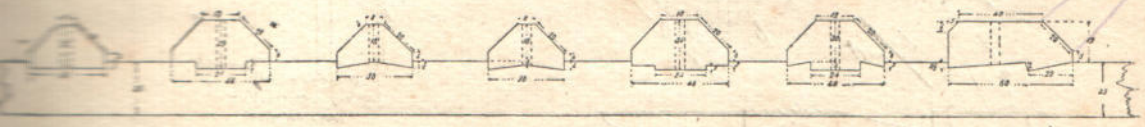
делаются из чугуна, из железа или из дуба. Во избежание смятия дуба

под гайку тяжа подкладывается шайба. Чугунные подгаечники должны быть обязательно с ребордами, как показано на фиг. 346 до 348; в противном случае они легко ломаются. Излому лучше сопротивляются железные подгаечники, которые изготовляются из швеллерного железа крупного калибра (№ 30) (фиг. 367) или же склепываются из листа и уголков. Размеры железных подгаечников следует принимать так, чтобы выступающие полки не мешали при завинчивании гаек. Длина подгаечников должна быть не менее общей ширины пояса, а ширина определяется по сопротивлению на сжатие пояса поперек волокон (не более 20 к./см.²). Толщина подгаечника получается из его расчета на перелом.

§ 48. Узловые подушки ферм системы Гау.

Непосредственное сопряжение раскосов фермы Гау с поясами применяется редко, так как врубки значительно ослабляют пояса. Чаще всего, раскосы сопрягаются с поясами при помощи подушек, которые бывают деревянные (Россия) или чугунные (Америка).

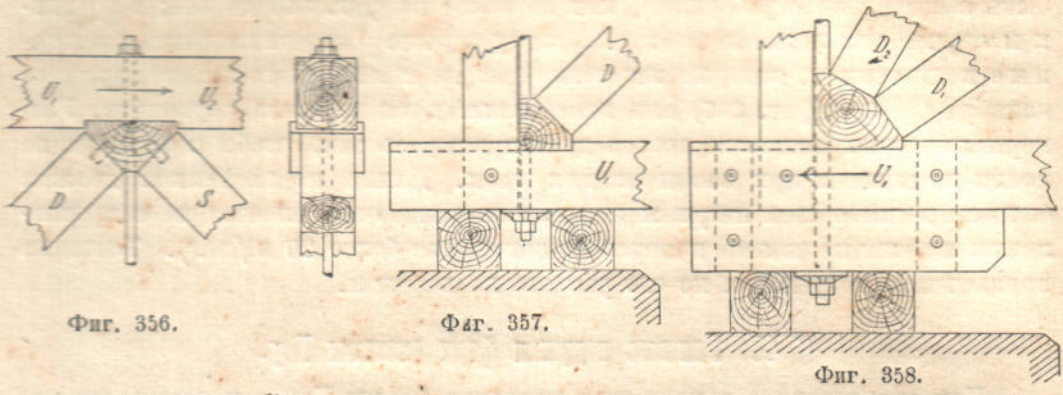
Деревянные подушки следует делать из твердого леса, т. е. дуба или лиственницы, так как они испытывают давление поперек волокон. Иногда отдельных подушек не делают, а упирают раскосы в поперечные балки или распорки. Пользование поперечными балками, в качестве узловых подушек, не рекомендуется, потому что их смена при ремонте проезжей части представляет затруднения. Разные виды подушек показаны в фиг. 349 до 355. Верхние грани срезываются перпендикулярно к оси раскосов; подошву подушек делают плоскою или зубчатою.



Фиг. 349. Фиг. 350. Фиг. 351. Фиг. 352. Фиг. 353. Фиг. 354. Фиг. 355.

Для пропуска вертикальных тяжей, в подушке просверливают круглые отверстия. Для удержания раскосов от сдвига, в верхнюю грань подушки вставляют круглый штырь (фиг. 359). Для того, чтобы подушка не двигалась вдоль пояса, ее врубают в пояс прямым или косым зубом. В зависимости от величины сдвигающей силы, делают различное число зубьев: один зуб прямой (фиг. 349 и 350) или косой (фиг. 351 и 352); два зуба прямых (фиг. 353) или косых (фиг. 354) и более. При двусторонней подушке, одиночный косой зуб (фиг. 351) не имеет преимуществ перед прямым зубом (фиг. 349). Смотря по тому, примыкают ли раскосы к подушке с одной или с двух сторон, называют подушки односторонними (фиг. 355) или двусторонними (фиг. 349 до 354). Последние встречаются в промежуточных узлах ферм, а односторонние подушки—чаще всего, в опорных узлах. От сдвига вдоль пояса, двусторонние подушки удерживаются обратными раскосами S (фиг. 356). При односторонних подушках, не имеется обратного раскоса; поэтому такие подушки приходится укреплять на поясах весьма солидно, тем более, что на них действуют наиболее напряженные раскосы фермы, т. е. концевые. Чтобы такие подушки удер-

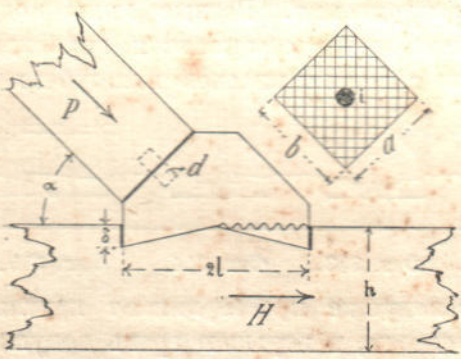
жать от сдвига вдоль пояса, их врезывают в пояс несколькими зубьями (фиг. 283 и 284) или упирают их в опорную стойку (фиг. 357 и 358), вруб-



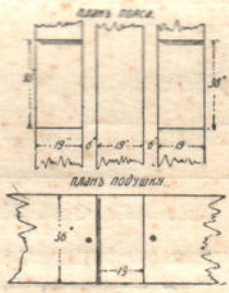
Фиг. 356. Фиг. 357. Фиг. 358.

ленную в пояс. Сдвигу подушек вдоль пояса сопротивляется сила трения, которая равна 0,5. V, где V—вертикальная составляющая давления раскоса, а 0,5—коэффициент трения дерева по дереву.

Расчет подушки: 1) Под торцом раскоса подушку расчитывают на смятие поперек волокон (фиг. 359): $\frac{P}{a.b-{}^1/_4\ \pi.d^2} < R\delta$. 2) Во врубке δ, воспринимающей горизонтальную составляющую $H = P.\cos\alpha$ усилия раскоса, подушку поверяют на смятие поперек волокон: $\frac{P.\cos\alpha}{b_1.\delta} < R\delta$



Фиг. 359.



Фиг. 360.

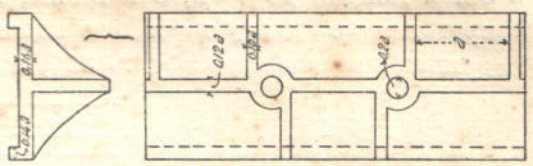
где b_1 — ширина пояса и длина подушки. 3) Если подушка врублена зубом, надо расчитать длину зуба так, чтобы сопротивление скалыванию по плоскости, показанной волнистою линиею (фиг. 359), равнялось сопротивлению на смятие во врубке δ.

$$b_1.l.\ R_t = b_1.\ \delta.\ R\delta\ ,\ \text{откуда}\ \frac{l}{\delta} = \frac{R\delta}{Rt}.$$

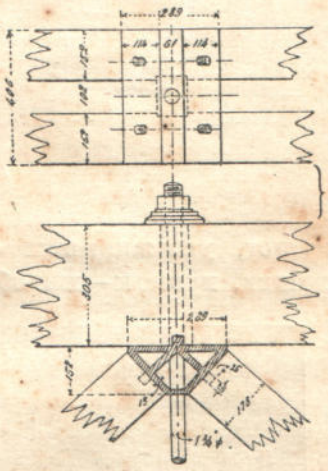
Для удержания подушки от сдвига поперек ферм, обыкновенно, не принимают особых мер, ограничиваясь пропуском через подушку железного тяжа. Если желательно применить для этой цели врубку, то при поясах из трех брусьев делают врубку, показанную на фиг. 360.

Чугунные подушки отливаются с гнездами для раскосов или без гнезд с плоскими щеками, в которые упираются раскосы. Двухсто-

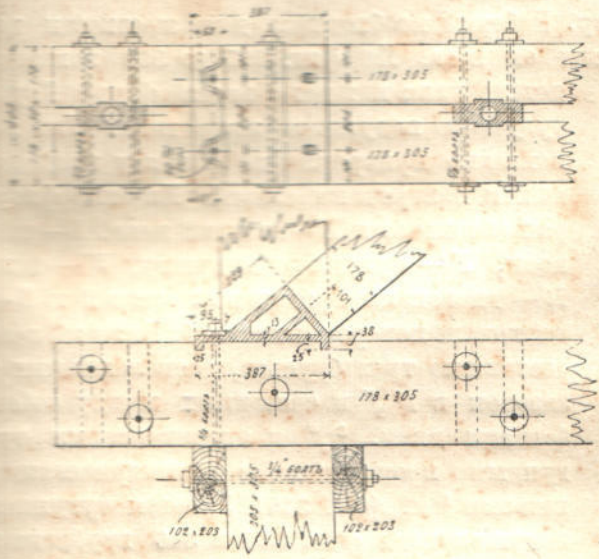
ронняя подушка I типа показана на фиг. 361. С одной стороны сделано гнездо для одиночного (обратного) раскоса, а с другой стороны—два гнезда для двух брусьев прямого раскоса. В продольной перегородке имеется две дыры для тяжа. Рассмотрим подушку другого типа, представляющую полую трехгранную призму с перегородками внутри, перпендикулярными к щекам подушки (фиг. 363). Щеки подушки перпендикулярны к осям раскосов и имеют выступающие шипы, которые врезываются в торец раскосов и предупреждают их сдвиг. Подошва подушки снабжена одною или двумя ребордами, которые врезываются в пояс и препятствуют продольному сдвигу подушки. Глубина вырубки для реборды делается небольшою (2—5 см.), чтобы не слишком ослабить сечение пояса. Если же такая реборда дает недостаточное сопротивление сдвигу, то его можно повысить,



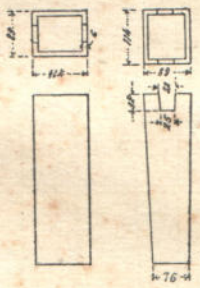
Фиг. 361.



Фиг. 363.



Фиг. 362.

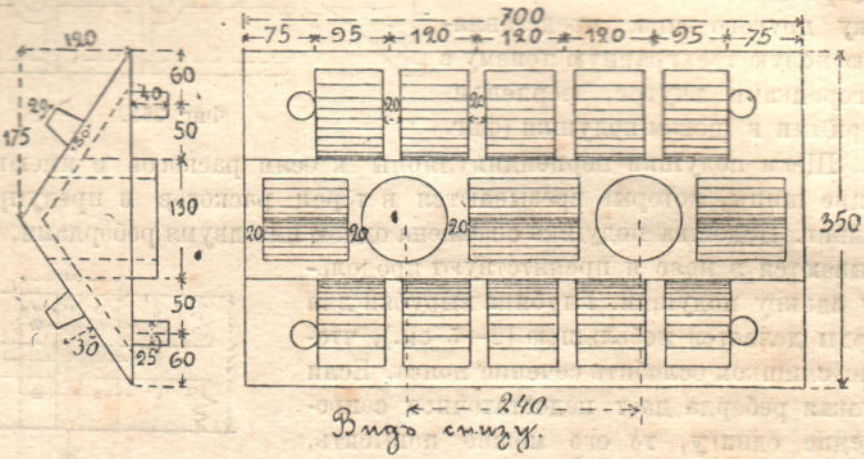


Фиг. 364.

подкладывая под подушку вертикальную чугунную шпонку с прорезом наверху, в который входит реборда подушки (фиг. 364). Шпонка помещается в зазоре между брусьями и врезана в них, так что передает поясу горизонтальную силу, которая стремится сдвинуть подушку. Для пропуска вертикального тяжа, подушка имеет цилиндрическое отверстие немного большее, чем диаметр тяжа. Односторонняя подушка такого же типа показана на фиг. 362.

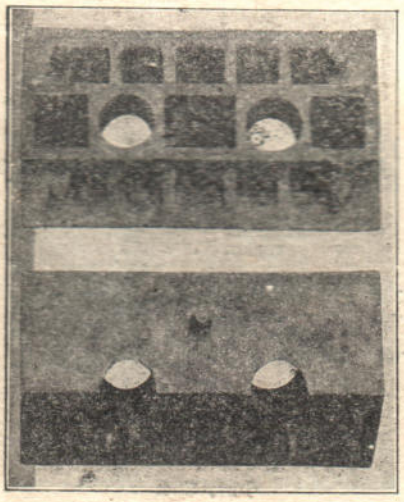
Другой тип американских подушек изображен на фиг. 365 и 366. Эта двусторонняя подушка спроектирована для пояса из трех брусьев; благодаря этому, имеется два круглых отверстия для парного тяжа. По середине подошвы имеется широкая реборда, врезанная в пояс. Кроме того,

подошва снабжена четырьмя цилиндрическими шипами диаметром около 3 см. и длиною до 8 см, Эти шипы, врезанные в брусья пояса, оказывают сопротивление сдвигу не только вдоль, но и поперек пояса. Недостатком подушки, показанной на фиг. 365, является большое количество реборд и



Фиг. 365.

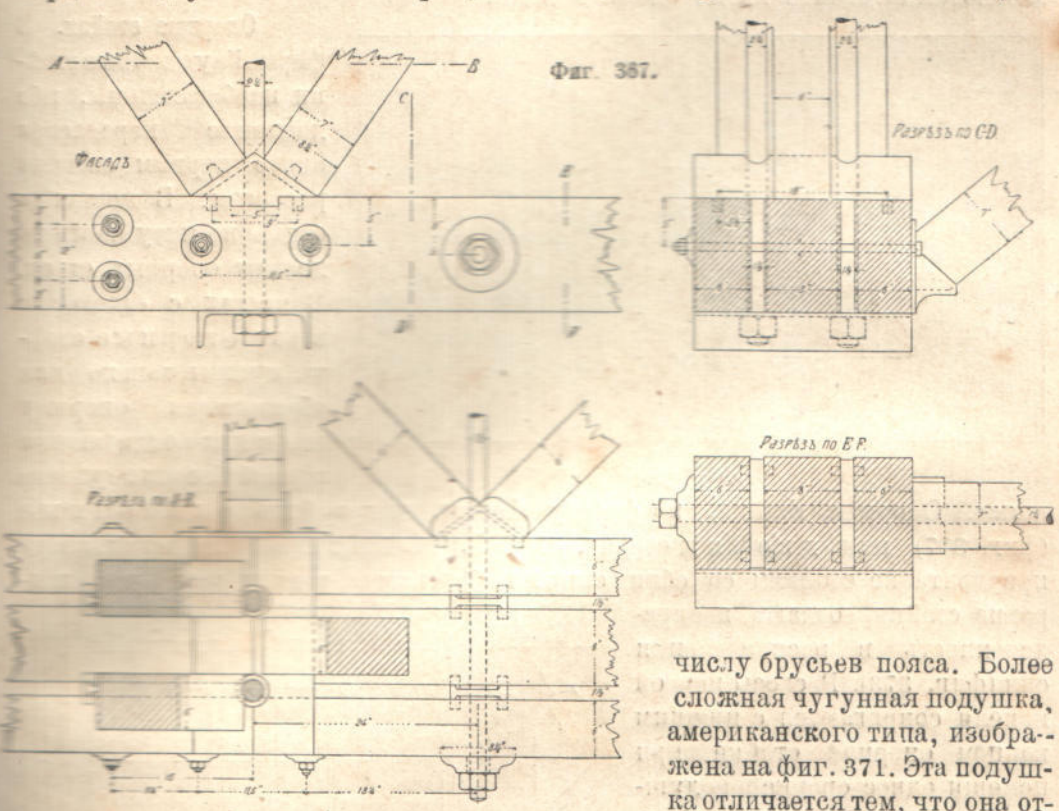
пустот, усложняющих отливку. Реборды необходимы для жесткости подушки, пустоты—для облегчения ея веса. На фиг. 367 до 369 показана деталь узла нижнего пояса фермы Гау с чугунною подушкою этого типа. Там же показано прикрепление к поясу продольных и поперечных связей. На этих фигурах обозначают: U—нижний пояс, D—раскосы, P — чугунную подушку, V — тяж, R — диагонали продольных связей и S — диагональ поперечных связей. Нижний пояс состоит из трех брусьев, расположенных с зазором в $1^1/_2''$ и связанных между собою болтами диам. $^3/_4''$ и американскими чугунными прокладками с цилиндрическими шипами (см. фиг. 319). Узловая чугунная подушка типа фиг. 365 и 366 врублена в брусья пояса зубом на глубину $1''$ и 4-мя цилиндрическими шипами; на верхних наклонных гранях подушки имеются шипы для удержания раскосов от сдвига. Под гайки обоих тяжей, проходящих через подушку, подложена общая подкладка a из швеллерного железа № 30. Узел продольных связей находится на расстоянии в четверть панели от узла фермы и устроен при помощи чугунной подушки c (фиг. 417), в которую упираются две диагонали R и через которую пропущена стяжка связей из круглого железа. Узел поперечных связей совпадает с узлом фермы и устроен при помощи чугунной подушки b (фиг. 428), в которую упирается диагональ S связей. Стяжками этих связей служат тяжи ферм.



Фиг. 366.

Чугунная подушка, представленная на фиг. 370, применяется в опорных узлах, где кроме раскоса, опирающегося на наклонную щеку подушки,

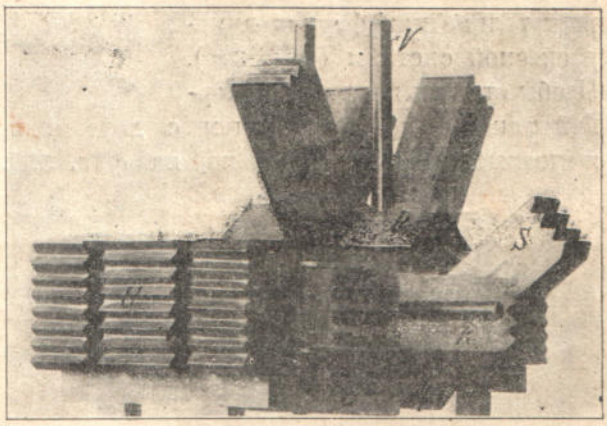
имеется опорная деревянная стойка. Для помещения торца этой стойки, сделана горизонтальная площадка. Подушка врезана в пояс среднею ребордою и двумя шипами и прикреплена тремя вертикальными болтами, по



Фиг. 387.

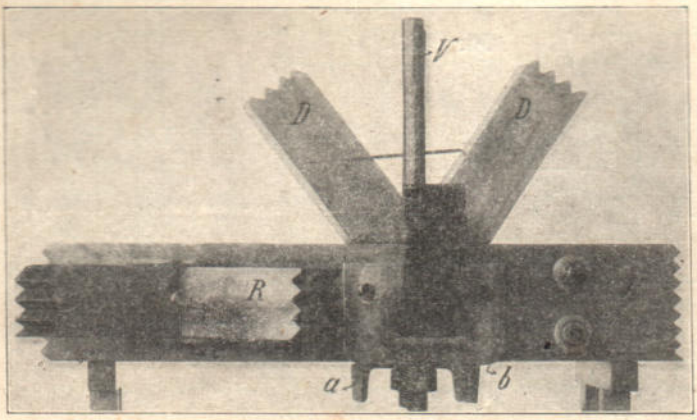
числу брусьев пояса. Более сложная чугунная подушка, американского типа, изображена на фиг. 371. Эта подушка отличается тем, что она отлита вместе с тремя шпонками, которые пропущены в зазоры между брусьями пояса и снабжены отверстиями для пропуска тяжей. Эти шпонки создают очень прочную связь между подушкою и брусьями пояса и большое сопротивление сдвигу. Однако, в виду сложной формы, такие подушки применяются сравнительно редко.

При проектировании узловых подушек, очень трудно удовлетворить условию центрировки раскосов и поясов в узлах, ибо при соблюдении этого условия, размеры подушек получаются очень большими. По экономическим соображениям следует стремиться к возможному уменьшению размера подушек. Обыкновенно, ширину подошвы чугунной подушки (по фасаду фермы) принимают не более 350 до 500 мм. Начертив подушки во всех узлах фермы, соединяют между собою середины щек (шипы) смежных подушек верхнего и нижнего пояса и принимают эти линии за оси рас-



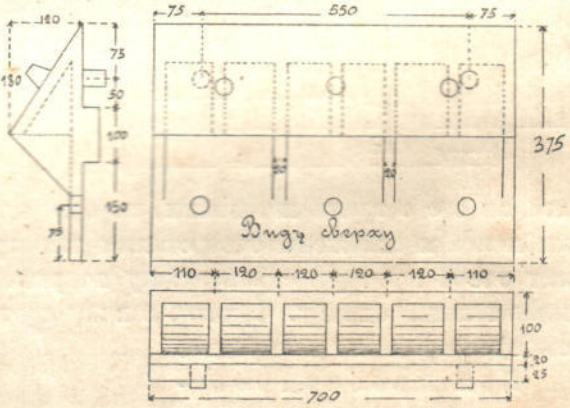
Фиг. 388.

косов. Во всех промежуточных узлах, как верхнего, так и нижнего пояса, желательно сохранить один и тот же размер подушек для того, чтобы можно было отлить их по одной модели.

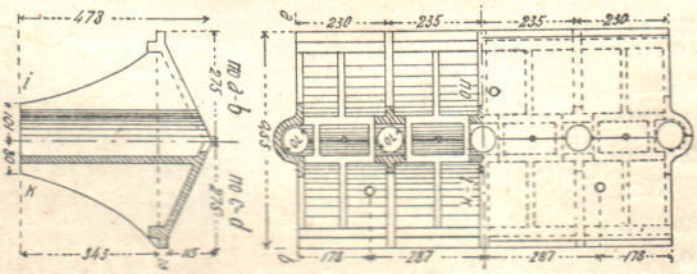


Фиг. 369.

Опорные стойки. В ферме Гау опорные стойки необязательны, ибо давление передается опоре первым сжатым раскосом. В мостах с ездою по низу часто не делают опорных стоек. В мостах с ездою по верху опорные стойки нужны только для образования опорных рам и для поддержания первой панели верхнего пояса. Опорные стойки, по фасаду фермы, могут быть одиночные (фиг. 357) или двойные (фиг. 373). Из двойных стоек следует отдавать предпочтение стойкам со сближенными брусьями в виду того, что широкие стойки создают неопределенность в распределении сил (фиг. 373). Раскосы первой панели сопрягаются с нижним концом опорной стойки при помощи односторонней подушки, имеющей обычную (фиг. 357 и 370) или более сложную форму (фиг. 358), смотря по числу раскосов, сходящихся в узле. Более одного раскоса бывает только при фермах двухраскосной системы (фиг. 310). Чтобы стянуть все раскосы первой панели, следует, рядом с деревянною опорною стойкою, помещать железный тяж, как показано на фиг. 358. При сборке фермы, опорные стойки устанавливаются на место после окончательного натяжения всех тяжей.



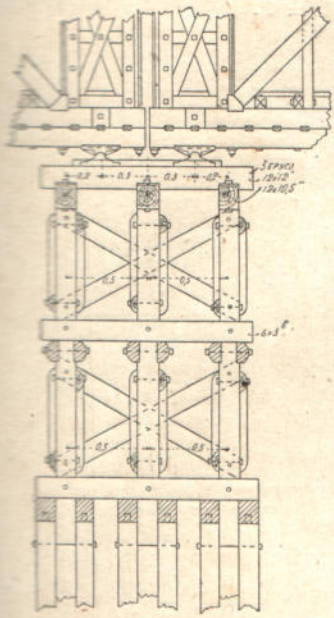
Фиг. 370.



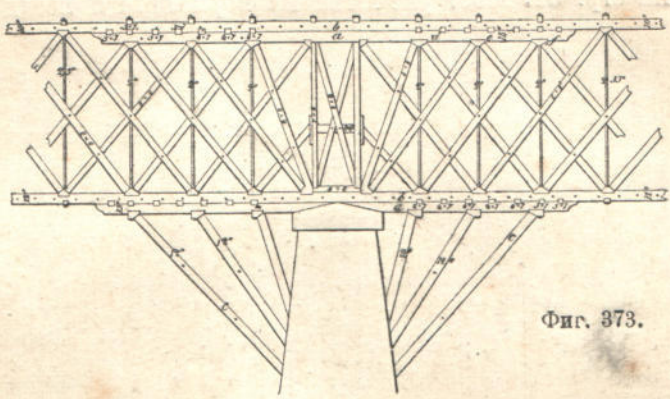
Фиг. 371.

Опорные части. Фермы укладываются на опоры при посредстве мауерлатов из твердого дерева (дуба). При двойных опорных стойках, под каждый брус стойки подкладывают отдельный мауерлат, причем неравно-

мерность передачи давления на мауерлаты возрастает с увеличением ширины стойки. Чтобы сделать передачу более равномерною, можно укладывать



Фиг. 372.



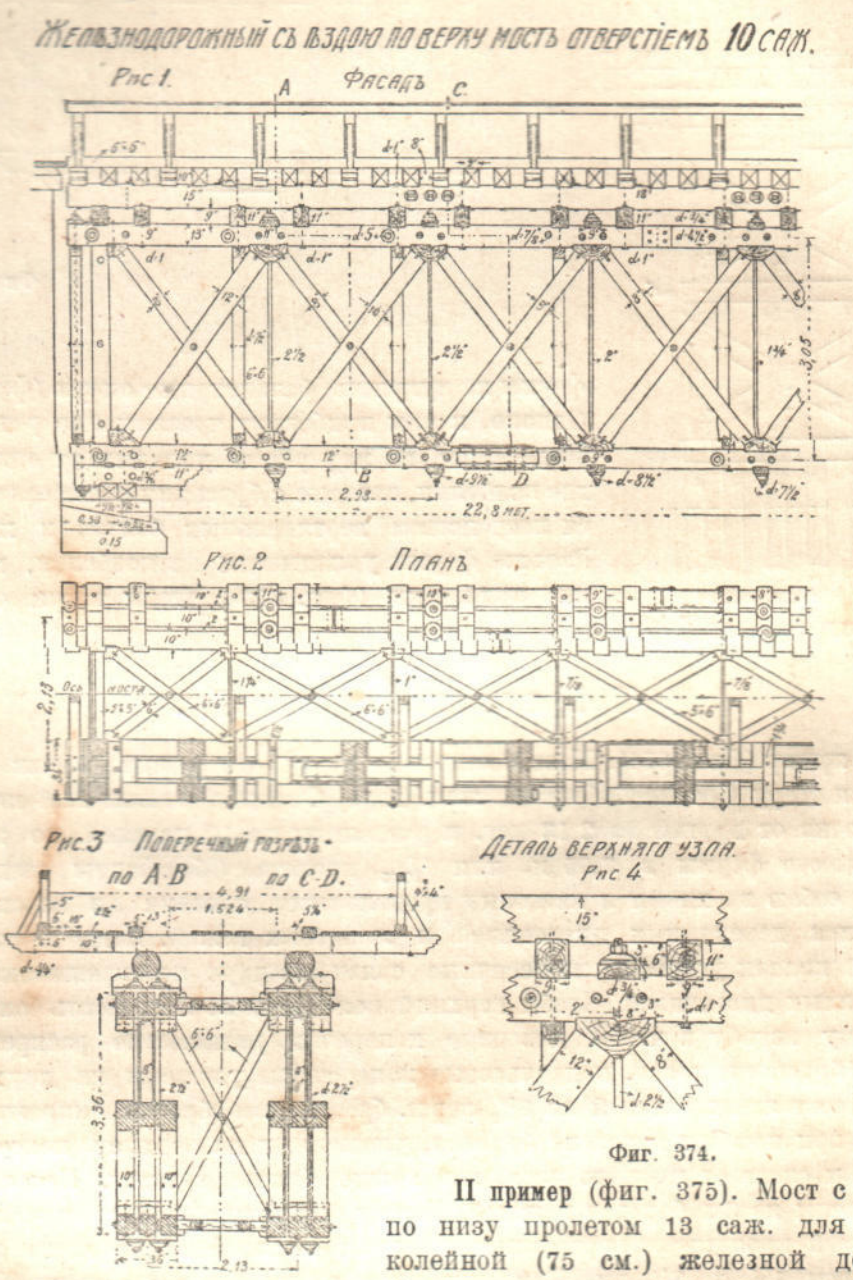
Фиг. 373.

фермы на чугунные балансирные опоры (фиг. 372). Однако, к ним прибегают чрезвычайно редко. Гораздо чаще, на мауерлаты укладывают одну или две подбалки, которые с брусьями пояса связываются посредством вертикальных болтов и шпонок. Раньше фермы укладывали на подбалки, подпертые подкосами (фиг. 373), чтобы таким образом сократить пролет ферм.

§ 49. Примеры мостов с фермами Гау.

I пример (фиг. 374). Мост с ездою по верху отверстием 10 саж. через р. Ук и Мару Средне-Сибирской жел. дор. Фермы пролетом 22,8 мет. отстоят одна от другой на 2,13 мет. и разделены на 10 панелей по 2,28 м. при высоте фермы в 3,05 м. или $^1/_{7,5}$ пролета. Обе фермы соединены между собою верхними и нижними продольными связями из перекрещивающихся деревянных диагоналей и железных тяжей. Над опорами и в каждой панели устроены поперечные связи из двух перекрещивающихся деревянных диагоналей. Чтобы верхний пояс ферм не подвергать большому местному изгибу и чтобы давление поперечин равномерно распределить между брусьями пояса, подрельсовые поперечины уложены на двух прогонах, состоящих каждый из $8^1/_2$ верш. бревна; эти бревна опираются на фермы при помощи коротких брусков, уложенных на верхнем поясе ферм справа и слева от каждого узла, как можно ближе к нему. Пояса ферм составлены из 3-х брусьев каждый. Между брусьями оставлен зазор в 2 дм., в который пропущены вертикальные двойные тяжи из круглого железа диаметром $1^1/_4$ до $2^1/_2$ дм. Как видно из плана (рис. 2) стыки брусьев каждого пояса размещены так, чтобы в одной и той-же панели находился стык только одного бруса каждого пояса; так например во 2-й панели нижнего пояса устроены стыки среднего бруса, в 3-й панели—стык наружного бруса и в 4-й панели—стык внутреннего бруса. Главные (восходящие) раскосы составлены из двух брусьев с зазором, в который пропущен обратный раскос из одного бруса. Раскосы сопрягаются с поясами

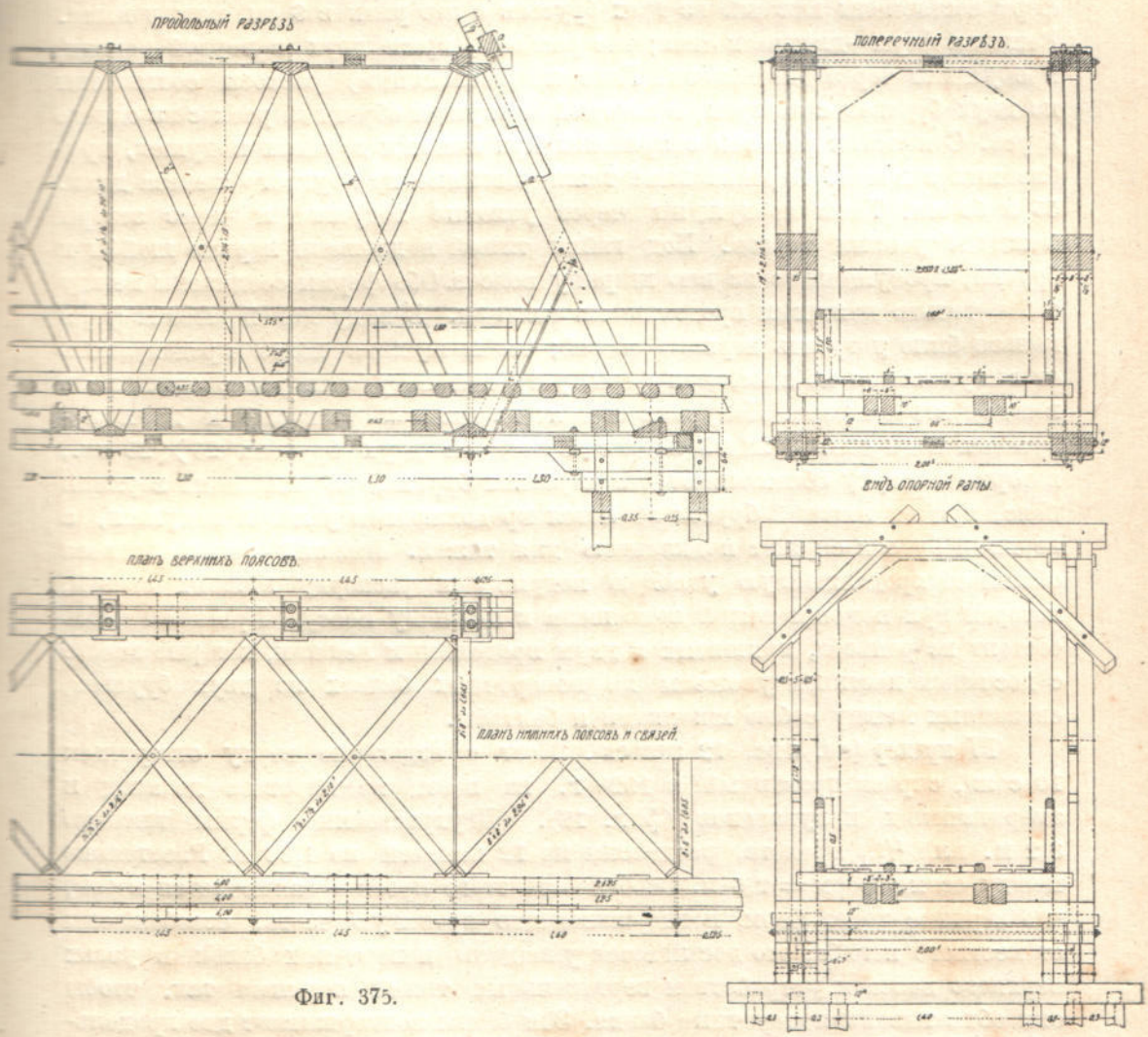
при помощи дубовых подушек, врубленных в пояса (см. детальный чертеж узла). Вес всего пролетного строения указан в первом столбце таблицы на стр. 32. Мост расчитан на нормальный поезд 1884 г.



Фиг. 374.

II пример (фиг. 375). Мост с ездою по низу пролетом 13 саж. для узкоколейной (75 см.) железной дороги. Фермы разделены на 10 панелей по 1,3 саж. при высоте фермы в 2,714 саж., составляющей $^1/_{4,8}$ пролета. Поперечные балки из двух брусьев уложены на нижнем поясе ферм на расстоянии $^1/_4$ панели от ближайшего узла, вследствие чего нижний пояс ферм работает на местный изгиб. Поперечные балки поддерживают два продольных лежня из двух брусьев, на которых уложены подрельсовые поперечины. Оба пояса ферм составлены из трех брусьев. Главные (восходящие) раскосы

составлены из двух брусьев с зазором, в который пропущен обратный раскос из одного бруса. Подушки в узлах ферм сделаны из дуба и вруб-



Фиг. 375.

лены в пояса на 3 дм. Вертикальные тяжи из круглого железа—двойные. Под гайки тяжей подложены подкладки из швеллерного железа № 30, пропущенные на всю ширину поясов. Во избежание изгиба вдоль фермы, тонкая стенка швеллера усилена плоскою подкладкою, общею для обоих тяжей. Концы ферм скошены. Для сокращения расчетной длины первого раскоса, устроен полураскос из бруса и наклонного тяжа. Верх тяжа закреплен при помощи деревянной прокладки, которая расположена в зазоре между брусьями первого раскоса и скреплена с ними болтами. Обе фермы соединены между собою верхними и нижними продольными связями из перекрестных деревянных диагоналей и железных тяжей. В наклонной плоскости крайнего раскоса ферм устроены опорные рамы из распорки и двух подкосов.

III пример (см. лис. 11 атласа). Открытый мост с ездою по низу пролетом 30 мет. австрийских жел. дор. Фермы высотою 4 м., равною $^1/_{7,5}$ пролета, разделены на 14 панелей по 1,9 м. и 2 панели по 1,7 м. Пояса ферм составлены каждый из трех брусьев с зазорами в 8 см. между ними. Решетка ферм—двухраскосная; все раскосы, кроме двух в первой панели, пропущены через две панели. Главные (восходящие) раскосы составлены из двух брусьев с зазором, в который пропущен обратный раскос из одного бруса. С поясами раскосы сопряжены при помощи дубовых подушек, врубленных в пояса. Вертикальные тяжи—двойные из круглого железа диам. 55 и 50 мм. Тяжи пропущены через узловые подушки и через зазоры между брусьями поясов. Под гайки тяжей подложены парные шайбы и бруски, пропущенные на всю ширину поясов. Обе фермы соединены между собою только нижними продольными связями. В виду малой высоты ферм нельзя было устроить верхних связей; чтобы верхние пояса предохранить от выпучивания из плоскости ферм, устроены полурамы, расположенные в каждом втором узле. Полурама состоит из нижней распорки и двух наружных подкосов. Каждый подкос состоит из двух брусьев 25×25 см., которые наверху обхватывают два коротких бруска, обжимающих верхний пояс, причем нижний брусок является продолжением узловой подушки, а верхний брусок служит подкладкою для тяжей. Нижний конец подкоса обжимает продолженную узловую подушку и распорку нижних связей, которая при помощи тяжей подвешена к нижнему поясу. Проезжая часть состоит из рельсов, пришитых к двум продольным лежням, которые вместе с досчатым настилом уложены на поперечных балках из двух брусьев, связанных между собою шпонками и болтами.

IV пример (см. лис. 12 атласа). Мост с ездою по верху отверстием 10 саж., спроектированный в 1920 г. на поезд из паровоза декапод и американских полувагонов (фиг. 18). Двухраскосные фермы высотою 3,2 м. или $^1/_{7,1}$ пролета, разделены на 12 панелей по 1,88 м. Расстояние между осями ферм = 2,6 м. Особенность этого проекта заключается в том, что верхние пояса ферм, поддерживающие проезжую часть, освобождены от местного изгиба; это достигается укладкою поперечных балок в узлах верхнего пояса и устройством вертикальных тяжей парными так, чтобы они обхватывали поперечные балки. Эти балки поддерживают две продольных балки из спаренных брусьев, на которых уложены поперечины с пришитыми к ним рельсами и досчатым настилом. Между рельсами настил покрыт слоем гравия, чтобы пролетное строение предохранить от загорания. Пояса ферм составлены каждый из трех брусьев с зазорами в 2 см. между ними. Решетка ферм—двухраскосная; все раскосы, кроме двух в первой панели, пропущены через две панели. Благодаря этому усилия в раскосах и тяжах получаются гораздо меньше, чем при простой раскосной системе. Главные (восходящие) раскосы составлены из двух брусьев с зазором, в который пропущен обратный раскос из одного бруса. Всем брусьям раскосов придана та-же толщина 22 см., как брусьям поясов. С поясами каждый раскос сопрягается отдельною дубовою подушкою. В каждом узле имеется две таких подушки и между ними уложена дубовая прокладка; в тех узлах, где устроены поперечные связи между фермами, эти

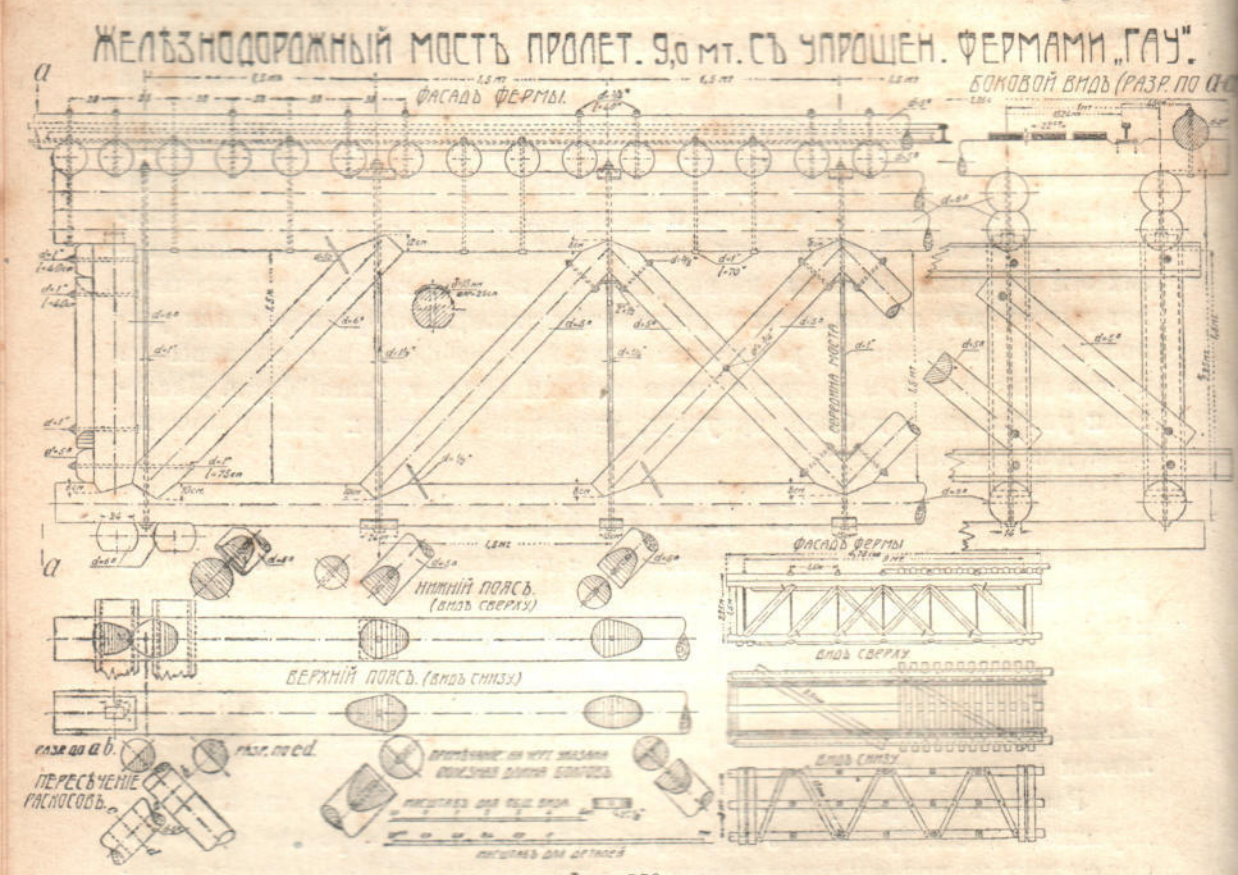
прокладки служат подушками для сопряжения диагоналей поперечных связей. Вертикальные тяжи—четверные из круглого железа диам. 25 до 38 мм. и снабжены стяжными муфтами. Тяжи пропущены через зазоры между брусьями поясов и под каждой парой гаек имеется подкладка из уголка 120 . 80 . 10 мм., пропущенного на всю ширину пояса. Обе фермы соединены между собою верхними и нижними продольными связями, а также поперечными связями. Панели продольных связей равны двум панелям ферм и разбиты так, что узлы продольных и поперечных связей совпадают с узлами ферм. Продольные связи составлены из перекрещивающихся брусчатых диагоналей и железных тяжей. Диагонали этих связей сопрягаются с поясами при помощи дубовых подушек. В нижних связях эти подушки уложены на выпущенных за пояс концах двух уголков, которые служат подкладками вертикальных тяжей. Поперечные связи расположены на взаимном расстоянии двух панелей ферм и составлены из креста диагоналей, а вертикальными тяжами служат тяжи ферм. Диагонали упираются в дубовые подушки, уложенные в узлах между подушками для раскосов ферм.

§ 50. Упрощенные фермы Гау.

В фермах Гау раскосы сопрягаются с поясами при помощи узловых подушек и обратные раскосы ставятся во всех панелях. Упрощенные фермы Гау отличаются тем, 1) что раскосы ферм врубаются непосредственно в пояса без применения подушек, 2) что обратные раскосы ставятся только в тех средних панелях, где поезд, вместе с постоянною нагрузкою, может вызвать растяжение в главных раскосах и 3) что все части ферм изготовляются из круглого леса.

Рассмотрим пример таких ферм, спроектированных нами для железнодорожного моста пролетом 9 мет. (фиг. 376). Пролетное строение этого моста состоит из подрельсовых поперечин, уложенных на трех фермах упрощенной системы Гау, которые по верху и по низу связаны между собою продольными связями, а над опорами—поперечными связями. Фермы, пролетом 9 м. и высотою 1,76 м., разделены на 6 панелей по 1,5 м.; расстояние между осями крайних ферм = 2 м. Верхний пояс ферм состоит из двух 6 вер. бревен, расположенных одно над другим и притесанных в месте взаимного касания. При подборе сечения предполагалось, что продольное сжимающее усилие пояса передается только нижнему бревну, так как в него врублены раскосы, между тем как изгибающий момент от местного изгиба распределяется поровну между обоими бревнами. Наиболее напряженным является нижнее бревно, которое от продольной силы испытывает сжимающее напряжение в 30 к/см.², от изгибающего момента—45 к|см.², а в сумме—75 к|см.². Нижний пояс составлен из одного 6 вер. бревна и, несмотря на значительное ослабление врубками раскосов, получает напряжение в 64 к|см.² Все раскосы ферм спроектированы из одного бревна диам. 6 вер. для первого раскоса и 5 вер.—для остальных. Обратные раскосы поставлены только в двух средних панелях, где от совместного действия поезда и постоянной нагрузки могли бы возникнуть растягивающие усилия в восходящих раскосах. В местах взаимного пересечения раскосы врублены

в полдерева и стянуты болтом. Своими концами раскосы врублены в пояса простым зубом, причем глубина врубки, равная 8 до 10 см., определена по допускаемому напряжению на смятие. От бокового сдвига концы раско-



Фиг. 376.

сов удерживаются железными скобами и железными тяжами, пропущенными через раскосы. Тяжи ферм предположены из круглого железа диам. 1, $1^1/_4$ и $1^1/_2$ дм. и для удобства сборки снабжены гайками на обоих концах. Во избежание смятия дерева, под гайками помещены железные выпуклые планки толщиной 15 мм. Тяжи расчитаны по допускаемому напряжению на растяжение в 875 к/см.² Как видно из плана, (вид снизу), нижние пояса ферм связаны между собою шестью диагоналями из 5 вершк. пластин, по одной в каждой панели. Диагонали прибиты к поясам снизу при помощи 7″ гвоздей. Верхние пояса связаны между собою только двумя диагоналями из 5 верш. пластин, расположенных с нижней стороны поясов. Распорками верхних связей служат поперечины. Поперечные связи имеются только над опорами и состоят из двух распорок и двух диагоналей, приболченных к опорным стойкам. Вес железных частей составляет 46,4 пуд. на весь пролет, или 9,7 пуд. на пог. саж. моста.

Рассмотрим еще один пример моста[1]) с упрощенными фермами Гау, (лис. 13 атласа), который отличается оригинальным устройством вертикаль-

[1]) Этот мост спроектирован применительно к проекту моста, составленному инженером Галко в бывшем Управлении Галицийских ж. д

ных железных тяжей и устройством поясов из бревен. Фермы пролетом [illegible] мет. и высотою 4 мет. разделены на 8 панелей по 2,75 мет. и отстоят одна от другой на 3,2 мет. (рис. 1 лис. 13). Каждый пояс составлен из 3 бревен длиною 16,7 мет. диаметром 5 верш. в тонком и $8^1/_2$ верш. в толстом конце. Эти бревна уложены так, что в концах ферм, где усилия поясов меньше, имеется три бревна (их комли), уложенные рядом (рис. 3), а на протяжении четырех средних панелей тонкие концы всех 6 бревен сопрягаются между собою в нахлестку, так что в наиболее напряженном участке пояса его сечение состоит из 4 бревен, расположенных в двух ярусах (рис. 4). Благодаря такому устройству стыка в нахлестку, материал поясов распределен более рационально, чем в обыкновенных фермах Гау, где сечение поясов не изменяется на протяжении пролета и поэтому в концах ферм имеется избыток материала. Самое сильное сечение пояса из 6 бревен требуется только в двух средних панелях; за пределы этих панелей концы бревен выпущены на длину, необходимую для помещения трех дубовых шпонок и болтов, соответствующих усилию в одном бревне (рис. 2). Что же касается шпонок и болтов, находящихся в двух средних панелях, то они поставлены в запас.

Вместо вертикальных тяжей из круглого железа с гайками на концах, применены подвески из уголков 60 . 60 . 7 мм., которые изогнуты на подобие удлиненных звеньев цепи, и состоят из длинной прямой части и двух полуциркульных закруглений. Стык уголков устроен в прямой части звеньев и перекрыт накладкою из того-же уголка 60 . 60 . 7 мм. (рис. 7). Звенья приняты двух сортов, шириною 20 см. и 10 см., считая по фасаду ферм. Эта ширина обусловлена соображениями о смятии полуциркульных дубовых подушек, которые продеты через закругления звеньев и служат для прикрепления подвесок к поясам. Каждая подвеска составлена из двух звеньев по числу зазоров между бревнами поясов. В виду коничности этих бревен расстояние между звеньями меняется от $8^1/_2$ вер. над опорами ферм до 5 вер. по середине их пролета. Каждое звено или половина подвески составлена из двух изогнутых уголков, которые своими полками врезаны в бревна поясов и создают прочную связь между бревнами, необходимую для распределения между ними продольного усилия пояса. С поясами подвески сопряжены при помощи полуциркульных дубовых подушек, которые продеты через закругления подвесок и врублены в пояс на 2 см. Во избежание смятия этих подушек, между ними и уголками подвесок проложены железные изогнутые листы. Подвески натягиваются при помощи пары дубовых клиньев, которые загоняются между верхнею подушкою подвески и верхним поясом фермы.

Все раскосы спроектированы из круглого леса; главные (восходящие) раскосы—двойные диам. от 5 до $7^1/_2$ вер., а все обратные раскосы—одиночные диам. 5 вер. В местах взаимного пересечения раскосы стянуты болтом с устройством двух прокладок. Сопряжения раскосов с поясами устроены без подушек: раскосы непосредственно врублены в пояса и кроме того упираются в распорки связей, благодаря чему уменьшается ослабление поясов врубками.

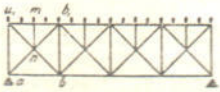
Описанная конструкция узлов допускает простое и удобное прикрепление связей к фермам согласно рис. 2 до 5. Распорки поперечных связей пропущены через звенья подвесок и врублены в бревна поясов. В узлах, где подвески составлены из широких звеньев, распорки двойные из двух брусьев 10 . 15 см., а в узлах с узкими звеньями распорки одиночные из бруса 10 . 15 см. В концы распорок, выпущенные за пределы поясов, врублены диагонали поперечных связей, состоящие каждая из бруса 10 . 15 см. В месте взаимного пересечения диагонали врезаны в полдерева в тех крестах, которые имеют одиночные распорки, а в крестах с двойными распорками диагонали пересекаются без всякой врубки. Верхние продольные связи составлены в каждой панели из креста диагоналей сечением 15 . 20 см., расположенных в плоскости верхнего пояса. Концы диагоналей врублены в верхние пояса и во избежание падения уложены на распорках поперечных связей. Нижние продольные связи в каждой панели составлены из креста диагоналей сечением 20 . 15 см., расположенных в плоскости нижнего пояса, в который они врублены. Чтобы удержать диагонали от падения, их концы уложены на выпущенный внутрь моста конец полуциркульных подушек, служащих для прикрепления подвесок (см. рис. 3 и 9).

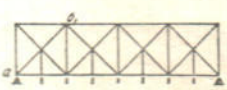
Проезжая часть состоит из подрельсных сближенных поперечин, уложенных на двух тройных продольных лежнях, которые поддерживаются поперечными балками. Чтобы уменьшить местный изгиб верхнего пояса ферм, эти балки придвинуты к узлам как можно ближе (0,5 м.), так что расстояние между балками составляют поочередно то 1 м., то 1,75 м. В виду уступа на поверхности верхнего пояса ферм поперечные балки уложены двумя способами. В повышенной части пояса балки уложены на нем непосредственно и болтами притянуты к среднему бревну пояса. В пониженной части пояса применены дубовые подушки, на которые поперечные балки опираются при помощи дубового бруска, обеспечивающего центральность передачи давления.

§ 51. Фермы составной раскосной системы.

Составные решетки со шпренгелями (фиг. 377 до 379) рассматриваются как составленные из основной системы и ряда шпренгелей, подразделяющих панели. Ферма с ездою по низу, показанная на фиг. 377, имеет основную раскосную систему и 6 шпренгелей из растянутых подвесок и сжатых полураскосов. Подвескою $m\ n$ давление узла m передается в узел n, вызывая сжимающие усилия в полураскосах $n\ a$ и $n\ b$. Полное усилие первого раскоса $a\ b$, равно сумме основного усилия и дополнительного усилия $a\ n$. Решетки обеих ферм, показанных на фиг. 378 и 379, можно было бы рассматривать как составленные из сложной раскосной системы и из шпренгелей; но чтобы не иметь дела с вытянутыми раскосами, правильнее рассматривать эти решетки как простые раскосные со шпренгелями, предполагая, что


Фиг. 377.


Фиг. 378.


Фиг. 379.

в каждой панели работает только тот из обоих раскосов, который сжат от данной нагрузки. На этом основании ферма с ездою по низу (фиг. 379) сводится к простой раскосной ферме с восходящими раскосами и нижними шпренгелями, т. е. к фиг. 377, а ферму с ездою по верху (фиг. 378) надо рассматривать как простую раскосную ферму с восходящими раскосами (сжатыми) и с нижними треугольными шпренгелями, которые получают нагрузку через полустойки, расположенные на верху. Полустойка $m\ n$, сжатая от нагрузки только двух первых панелей, передает это давление шпренгелю $a\ n\ b$, вызывая сжатие в полураскосах $a\ n$ и $b\ n$. Таким образом сжатый главный раскос $a\ b$, в своей нижней половине получает добавочное сжимающее усилие полураскоса $a\ n$. Рассмотрим два примера ферм по типу фиг. 377.

I. Пример (см. лис. 14 атласа). Проект этого моста отверстием 10 саж составлен по новейшим нормам Н. К. П. С. Фермы пролетом 22,8 м. отстоят одна от другой на 5,6 м. и разделены на 6 панелей по 3,8 м. Высота ферм — 7,8 м. (около $^1/_3$ пролета). Столь значительная высота принята с тем, чтобы сделать мост закрытым, т. е. соединить между собою обе фермы верхними продольными связями и таким образом повысить поперечную жесткость пролетного строения. При выборе системы решетки ферм мы руководствовались возможностью выправления ферм, в случае их провисания под влиянием усушки лесного материала. Для этой цели оба главных промежуточных узла снабжены железными вертикальными тяжами, которые могут быть натягиваемы при помощи гаек, находящихся в концах тяжей.

Фермы. Оба пояса, верхний и нижний, спроектированы из трех брусьев 21.21 см., расположенных рядом с оставлением вертикальных зазоров по 2 см. Ширина поясов, верхнего и нижнего, одинакова и равна 67 см. Сечения поясов, расчитанные по их наибольшему усилию, сохранены на всем протяжении фермы. Верхний пояс длиною 9,5 м. устроен без стыков. В нижнем поясе длиною 24,4 м. каждый брус разделен на три части с расположением стыков в шахматном порядке так, чтобы в каждой панели находился стык только одного бруса. Стыки брусьев нижнего пояса, работающего только на растяжение, перекрыты парными вертикальными накладками из железа толщиною 10 мм. со шпонками, врубленными в брусья пояса.

Раскосы. Опорные раскосы спроектированы из трех брусьев 21.30 см. с двумя зазорами по 2 см. В двух средних панелях находятся два взаимно пересекающихся раскоса. Один из них состоит из двух брусьев 20.23 см. с зазором в 27 см., через который пропущен встречный раскос из бруса 27.27 см. В месте взаимного пересечения оба раскоса стянуты болтами и подушками. На верхнюю из этих подушек опирается деревянная стойка сечением 18.12 см., назначение которой сократить свободную длину верхнего пояса на случай его выпучивания в плоскости фермы под действием продольной сжимающей силы. Полураскосы шпренгелей спроектированы из двух брусьев 20.20 см. с зазором в 27 см., который по концам раскосов заполнен короткими брусьями 20.27 см. Таким образом все раскосы, кроме опорного, имеют одинаковую ширину, равную ширине поясов, т. е. 67 см.

Тяжи из круглого железа спроектированы парными, по числу зазоров между брусьями поясов. Диаметр главных тяжей—63 мм., а подвесок шпренгелей—49 мм. Концы тяжей пропущены через дыры, высверленные в дубовых узловых подушках. Для удобства сборки оба конца тяжей снабжены винтовою нарезкою и гайками. В нижних узлах тяжи пропущены между парными брусьями поперечных балок и поэтому не мешают укладке этих балок.

Продольные связи между фермами устроены в плоскости верхнего и нижнего поясов. Верхние связи спроектированы полураскосной системы. Распорки предположены из 5 верш. бревен, причем средняя распорка—парная, а концевые—одиночные. Полураскосы приняты из бруса 16.16 см. Нижние связи разбиты таким образом, что их узлы совпадают с серединою панелей ферм. В каждой панели длиною 3,8 м. помещается две перекрещивающихся диагонали из брусьев, а в крайних панелях длиною 1,9 м.—по две полудиагонали. Во всех узлах связей имеются железные тяжи, пропущенные через стыковые накладки нижнего пояса. Над опорами кроме железного тяжа, распоркою служит мауерлатный брус, который уложен на подфермепных камнях и сопряжен с полудиагоналями связей. В плоскости опорных раскосов устроены наклонные опорные рамы с верхнею распоркою из дубового 6 верш. бревна и двух угловых подкосов сечением 21.30 см.

Проезжая часть состоит из сближенных подрельсных поперечин, уложенных на двух продольных лежнях из трех брусьев 25.36 см., которые поддерживаются поперечными балками, расположенными только в узлах ферм. Поперечные балки шпренгельного типа и высотою 110 см. спроектированы парными, с тем чтобы они не мешали пропуску вертикальных тяжей ферм. Эти тяжи пропущены через зазор между обоими брусьями поперечных балок, для чего в боковых гранях этих брусьев выбраны гнезда. Каждая поперечная балка состоит из двух горизонтальных сосновых брусьев сечением 20.27 см., двух стоек такого-же сечения, расположенных под лежнями и железных струн, причем горизонтальная струна—одиночная из круглаго железа диам. 74 мм., а концевые наклонные струны—парные из железа диам. 56 мм. Все струны сильно натянуты; поэтому во избежание смятия торцов горизонтального бруса и стоек, под гайками струн подложены железные накладки с загнутым для жесткости краем. Поперечные балки, расположенные в двух главных узлах ферм, уложены непосредственно на узловые дубовые подушки, которые служат для сопряжения раскосов с поясами. Остальные балки, расположенные в трех дополнительных узлах, опираются на нижний пояс ферм при помощи особых дубовых подушек. Эти подушки необходимы для расположения балок на одинаковой высоте и для равномерного распределения давления между тремя брусьями пояса. Опорные поперечные балки несут значительно меньшую нагрузку, чем пролетные; поэтому они спроектированы одиночными и меньшей высоты (100 см.). Эти балки состоят из бруса сечением 27.25 см., двух стоек того-же сечения, одиночной горизонтальной струны из железа диам. 63 мм. и парных наклонных струн из железа диам. 48 мм., обжимающих брус балки.

II. Пример. (см. лис. 15 и 16 атласа). Проект этого закрытого с ездою по низу моста отверстием 10 саж. составлен по новейшим нормам Н.К.П.С. В последнее время выяснилась желательность заготовки и сборки деревянных ферм на мостостроительных базах, откуда в собранном виде они должны доставляться на место установки. Такой способ работ имеет два больших преимущества: 1) значительно сокращается срок, необходимый для восстановления разрушенного моста и 2) сборка ферм на базах может производиться не спеша с необходимою тщательностью и при наличии опытных рабочих и технического персонала. Существенным недостатком такого способа производства работ является то, что для возможности перевозки ферм в собранном виде их высота должна быть строго согласована с высотою габарита предельного приближения строений к путям. В отношении мостов с ездою по верху это требование ведет к тому, что фермы могут быть выполнены нормальной высоты лишь при пролетах не более 15 м.; при большей величине пролета высоту ферм приходится назначать меньше, чем следует. В отношении мостов с ездою по низу закрытого типа, несомненно заслуживающих предпочтения перед открытыми мостами, дело обстоит еще хуже, так как, независимо от пролета, высота таких ферм должна быть не менее 7,5 м., при которой исключается возможность перевозки ферм в собранном виде. Поэтому мы спроектировали фермы из двух ярусов, которые перевозятся отдельно и при постановке ферм на место устанавливаются один на другой и затем при помощи болтов и шпонок скрепляются в одно целое. Благодаря этому обстоятельству, кроме верхняго и нижняго пояса, введен еще средний пояс.

При выборе системы решетки ферм мы руководствовались тем, 1) чтобы в законченных двух'ярусных фермах раскосы не испытывали растяжения под действием постоянной и временной нагрузки (во время доставки отдельных ярусов ферм три раскоса испытывают небольшое растяжение, доходящее до 3,7 тон) и 2) чтобы провисшие от усушки фермы можно было поднять подтягиванием тяжей, не прибегая к подведению под фермы подмостей. Чтобы избежать местного изгиба нижнего пояса ферм, мы разместили поперечные балки только в узлах ферм, устроив их парными из двух брусьев, обжимающих вертикальные тяжи ферм с двух сторон, так чтобы балки могли быть собираемы и сменяемы независимо от этих тяжей. Благодаря большому расстоянию между поперечными балками в 3,8 м. им передается значительная нагрузка, вследствие чего эти балки пришлось усилить железными струнами. Ознакомившись с особенностями данного проекта, перейдем к детальному описанию пролетного строения.

Фермы пролетом 22,8 м. отстоят одна от другой на 5,8 м. и разделены на 6 панелей по 3,8 м. Высота ферм = 7,8 м. (около $^1/_3$ пролета). Столь значительная высота принята с тем, чтобы сделать мост закрытым, т. е. соединить между собою обе фермы верхними продольными связями и таким образом повысить поперечную устойчивость пролетного строения. Каждая ферма составлена из двух ярусов, связанных между собою болтами и шпонками. Каждый ярус представляет отдельную ферму, собираемую на базе и в собранном виде доставляемую на место постройки моста.

Пояса. Верхний и нижний пояса спроектированы из трех брусьев 21 . 21 см., расположенных рядом с оставлением вертикальных зазоров по 2 см. Сечения поясов, расчитанные по их наибольшему усилию, сохранены на всем протяжении фермы. Ширина поясов, верхнего и нижнего, одинакова и равна 67 см. Каждый ярус ферм при сборке и перевозке должен представлять неизменяемую систему; поэтому средний пояс составлен по высоте из двух ярусов, из которых верхний ярус служит нижним поясом верхней полуфермы, а нижний ярус—верхним поясом нижней полуфермы. В каждом ярусе имеется по три бруса сечением 20 . 20 см. с зазорами по 3,5 см., так что общая ширина пояса = 67 см., т. е. такая-же, как в остальных поясах. После установки верхней полуфермы на нижнюю, оба яруса брусьев среднего пояса стягиваются между собою вертикальными болтами диам. 20 мм., а в зазоре между брусьями шириною 8 см. помещаются прокладки и шпонки 20 . 20 см., сопротивляющиеся касательной силе, направленной вдоль среднего пояса. Эта сила настолько мала, что количество и размеры шпонок пришлось назначить по чисто конструктивным соображениям. Верхний пояс длиною 9,5 м. устроен без стыков. В нижнем поясе длиною 24,4 м. каждый брус разделен на три части с расположением стыков в шахматном порядке так, чтобы в каждой панели находился стык только одного бруса. Стыки брусьев нижнего пояса, работающего только на растяжение, перекрыты парными вертикальными накладками из железа толщиною 10 мм. со шпонками, врубленными в брусья пояса.

Раскосы. Так как фермы составлены из двух ярусов, разделяемых средним поясом, оба основных и оба опорных раскоса разделены по длине на две части. Нижняя часть этих раскосов, входящая в состав шпренгелей, испытывает большее усилие, чем верхняя; поэтому нижние половины раскосов имеют более сильное сечение, чем верхние. Опорные раскосы в своей нижней половине составлены из трех брусьев 21 . 30 см., а в верхней—из трех брусьев 21 . 27 см. с зазорами в 2 см. Оба перекрещивающихся раскоса составлены каждый из двух брусьев, сечением 18 . 18 см. в верхней, и 20 . 23 см. в нижней половине раскосов. Полураскосы шпренгелей составлены каждый из двух брусьев 20 . 20 см. с оставлением между ними зазора в 27 см., который по концам раскосов заполнен короткими брусками. Некоторые из раскосов обеих полуферм во время перевозки испытывают небольшие растягивающие усилия, вследствие чего они прикреплены к поясам ферм посредством железных хомутов со шпонками и болтов. На подушку среднего узла среднего пояса опирается деревянная стойка сечением 18 . 21 см., назначение которой сократить свободную длину верхнего пояса на случай его выпучивания в плоскости фермы под действием продольной сжимающей силы.

Тяжи. Во всех узлах обоих ярусов ферм через зазоры между брусьями поясов пропущены парные тяжи из круглого железа диам. 49 мм. Все эти тяжи прерываются на уровне среднего пояса и ставятся при сборке отдельных ярусов ферм. Кроме того имеется два главных тяжа по концам верхнего пояса. Эти тяжи также парные из круглого железа диам. 63 мм. подобраны по полному усилию главных подвесок, пропущены во всю высоту ферм,

расположены снаружи поясов и ставятся на место после установки верхнего яруса ферм на нижний. Такое устройство главных тяжей принято с тем, чтобы можно было пользоваться ими для выправления ферм в случае их провисания под влиянием усушки ферм; для этой цели оба конца тяжей снабжены винтовою нарезкою и гайками. Между гайками и поясами ферм проложены дубовые прокладки. В нижних узлах тяжи обжаты парными брусьями поперечных балок и поэтому не мешают укладке этих балок.

Продольные связи между фермами устроены в плоскости верхнего и нижнего поясов. Верхние связи спроектированы полураскосной системы. Распорки предположены из 5 верш. бревен, причем средняя распорка—парная, а концевые—одиночные. Полураскосы приняты из бруса 16.16 см. Нижние связи разбиты так, что их узлы совпадают с серединою панелей ферм. В каждой панели длиною 3,8 м. помещается две перекрещивающиеся диагонали из брусьев, а в крайних панелях длиною 1,9 м.—по две полудиагонали. Во всех узлах связей имеются железные тяжи, пропущенные через стыковые накладки нижнего пояса. Над опорами, кроме железного тяжа, распоркою служит мауерлатный брус, который уложен на подферменных камнях и сопряжен с полудиагоналями связей. В плоскости опорных раскосов устроены наклонные опорные рамы с верхнею распоркою из дубового 6 верш. бревна и двух угловых подкосов сечением 21.27 см.

Проезжая часть составлена из сближенных подрельсных поперечин, уложенных на двух продольных лежнях из трех брусьев 25 . 36 см., которые поддерживаются поперечными балками, расположенными только в узлах ферм. Поперечные балки шпренгельного типа и высотою 110 см. спроектированы парными, с тем чтобы они не мешали пропуску вертикальных тяжей ферм. Эти тяжи пропущены через зазор между обоими брусьями поперечных балок, для чего в боковых гранях этих брусьев выбраны пазы. Каждая поперечная балка состоит из двух горизонтальных сосновых брусьев 20.28 см., двух стоек такого-же сечения, расположенных под лежнями и железных струн, причем горизонтальная струна одиночная из круглого железа диам. 75 мм., а концевые наклонные струны—парные из полосы диам. 57 мм. Все струны сильно натянуты; поэтому во избежание снятия торцев горизонтального бруса и стоек, под гайками струн подложены железные накладки с загнутым для жесткости краем. Поперечные балки, расположенные в двух главных узлах ферм, уложены непосредственно на узловые дубовые подушки, которые служат для сопряжения раскосов с поясами. Остальные балки, расположенные в трех дополнительных узлах, опираются на нижний пояс ферм при помощи особых дубовых подушек. Эти подушки необходимы для расположения балок на одинаковой высоте и для равномерного распределения давления между тремя брусьями поясов. Опорные поперечные балки несут значительно меньшую нагрузку, чем пролетные; поэтому оне спроектированы одиночными и меньшей высоты (100 см.). Эти балки состоят из бруса 28.26 см., двух стоек того-же сечения, одиночной горизонтальной струны из железа диам. 65 мм. и парных наклонных струн диам. 49 мм., обжимающих брус балки.

Перевозка всего пролетного строения, заготовленного на базе, предположена на 5 железнодорожных платформах длиною 10,4 м. между буферами. Нижние ярусы обеих ферм длиною около 25 м. устанавливаются рядом на трех сцепленных вместе платформах, причем своими концами фермы опираются только на крайние платформы. Так как нагрузка каждой из этих платформ не превышает 450 пуд., а средняя платформа совсем не нагружена, то все три платформы загружаются поперечными балками, продольными лежнями и другими частями. Верхние ярусы обеих ферм длиною около 17,3 м. устанавливаются рядом на двух сцепленных вместе платформах, которые догружаются разными материалами и частями пролетного строения.

Подмости. Для установки двух'ярусных ферм на место, спроектированы временные подмости (см. лис. 16 атласа), по которым платформы с погруженными на них ярусами ферм можно было бы надвинуть на пролет и, пользуясь об'емлющими рамами, опустить на опоры нижние ярусы ферм. Чтобы произвести эту операцию сразу, без предварительной установки ферм на подмости, последние спроектированы двух'ярусными так, чтобы средняя часть с уложенными на ней рельсами железнодорожного пути возвышалась над нижним ярусом подмостей, который расположен немного ниже подферменных камней и необходим для установки на нем крана и для работ по сборке нижних связей и проезжей части. Подмости спроектированы на четырех свайных опорах, причем две средние сваи каждой опоры, поддерживающие рельсовый путь пропущены выше нижнего яруса подмостей. Все сваи предположено наростить на уровне меженних вод.

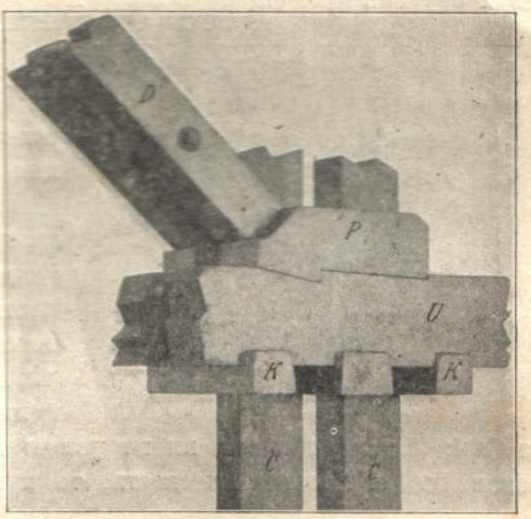
Порядок сборки. По рельсовому пути, уложенному на возвышенной части подмостей, на пролет надвигаются три платформы с погруженными на них нижними ярусами ферм. При помощи двух об'емлющих рам эти фермы снимаются с платформ и сразу устанавливаются на опоры моста, после чего порожние платформы уводятся с подмостей и на их место надвигаются две платформы с верхними ярусами ферм, которые при помощи тех же рам устанавливаются на нижние ярусы и скрепляются с ними посредством вертикальных болтов и шпонок. После установки главных тяжей и верхних связей, удаляется возвышенная средняя часть подмостей, причем поддерживающие ее сваи срезываются на уровне нижнего яруса подмостей. Затем производится укладка нижних продольных связей, поперечных балок и остальной проезжей части. По окончании сборки подмости сохраняются до испытания моста.

§ 52. Фермы системы Рихтера.

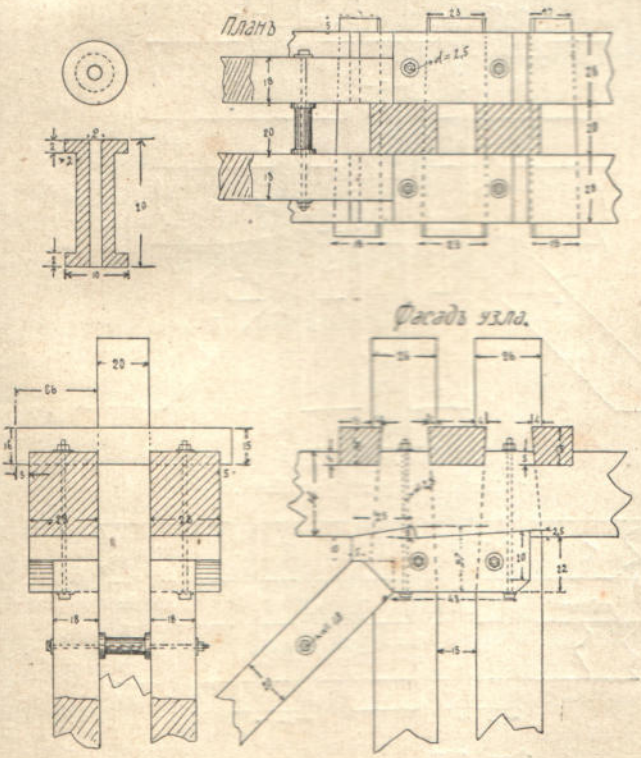
Фермы Рихтера имеют исключительно деревянную решетку раскосной системы, которая состоит из сжатых восходящих раскосов и растянутых стоек из дерева. В средних панелях имеются обратные раскосы, чтобы не допустить растягивающих усилий в раскосах. Узловые соединения имеют простое, но солидное устройство, а потому заслуживают внимания (фиг. 380). Раскосы сопрягаются с поясами при посредстве подушек P, врубленных в пояс U; стойка C пропущена в зазор между брусьями пояса и соединяется

с ним при посредстве трех клиньев K, врубленных в пояс и в стойку. Подбивкою этих клиньев можно натянуть стойку.

Пояса состоят из брусьев, расположенных в одном ярусе или в двух ярусах с зазором между ярусами. Чтобы уменьшить сечение пояса по мере уменьшения усилий в нем, практикуется переход от двух ярусов к одному, для чего Рихтер применяет врубки зубом (см. лис. 17 атласа). Стойки чаще всего состоят из двух брусьев, пропускаемых в зазор между брусьями поясов. Раскосы состоят чаще всего из двух брусьев и сопрягаются с поясами при помощи узловых подушек, поперечных или продольных. Поперечная подушка, располагаемая поперек пояса, врубается только одним зубом и поэтому может передать лишь небольшой распор раскоса, зато она распределяет усилие раскоса более равномерно между брусьями пояса. Продольных подушек обыкновенно ставят две, по числу брусьев раскоса и пояса; эти подушки могут быть врублены в пояс несколькими зубьями.



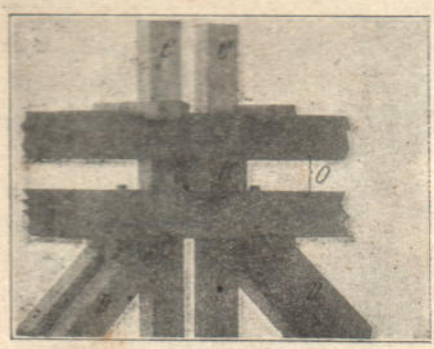
Фиг. 330.



Фиг. 381.

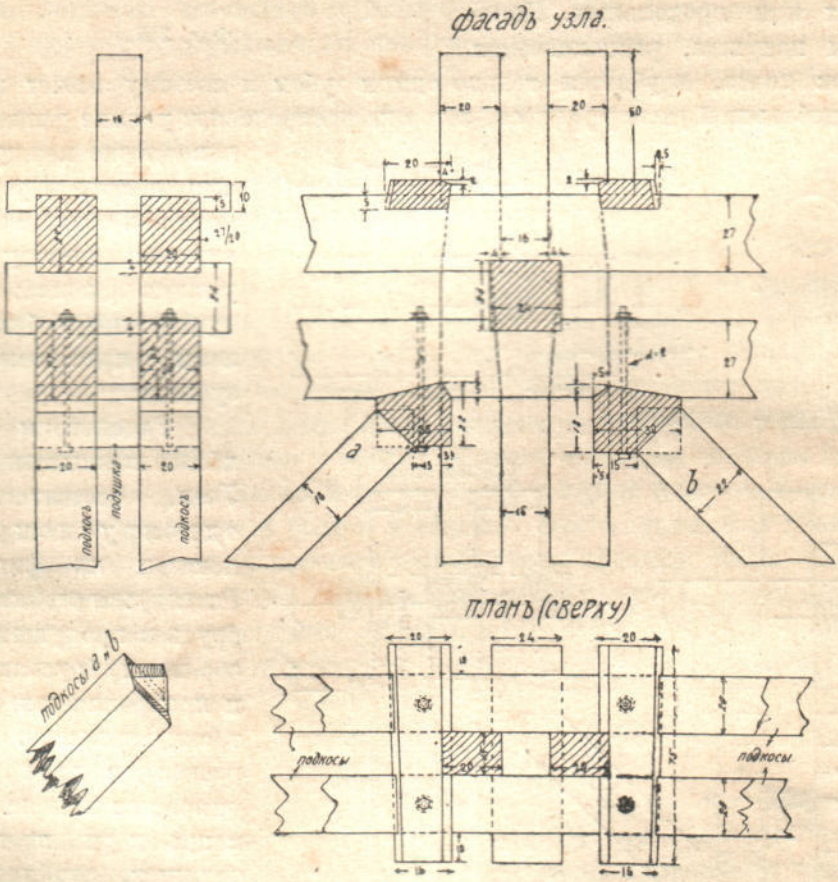
Рассмотрим два наиболее важных типа узлов. Узел, соответствующий одноярусному поясу, показан на фиг. 381. Растянутая стойка из двух брусьев пропущена в зазор между брусьями пояса и прикрепляется к нему тремя клиньями. Сжатый раскос из двух брусьев упирается в пояс при помощи двух продольных подушек, врубленных в пояс двумя зубьями каждая. Узел, соответствующий двухярусному поясу, изображен на фиг. 382 и 383. Пояс составлен из 4-х брусьев, располо-

женных в двух ярусах с зазором между ярусами. Растянутая стойка из двух брусьев пропущена в зазор между брусьями пояса и прикрепляется двумя клиньями к верхним брусьям пояса и одним клином—к нижним брусьям. Раскосы из двух брусьев каждый упираются в поперечные подушки, врубленные в пояс одним зубом.



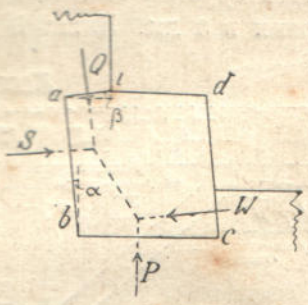
Фиг. 382

Клинья для прикрепления стоек приготовляются из дуба и имеют продольный уклон от $^1/_{20}$ до $^1/_{30}$. Длина клиньев на 10 до 20 см. больше ширины пояса. Поперечное сечение клина—параллелограм или пятиугольник. Подошва $b\,c$ клина (фиг. 384) перпендикулярна к оси стойки; бока $b\,a$ и $c\,d$ имеют уклон к стойке около $^1/_{10}$. Если верхнее основание $a\,d$ клина плоскость, то клин имеет сечение в виде параллелограма; тогда прируб стойки должен быть перпендикулярным к ея оси, и давление Q, равное половине усилия V стойки, пройдет близко от края b. Вследствие этого клин будет иметь стремление повернуться под влиянием



Фиг. 383.

пары $Q - P$. Действию этой пары сопротивляется пара сил $W - S$ (фиг. 384,) вызванных подбивкою клина. Чтобы уменьшить значение пары $Q - P$, рекомендуется треугольную вырубку стойки делать с обоими наклонными гранями: одну с уклоном в $\operatorname{tg} \alpha = {}^1/_{10}$, а другую с уклоном в $\operatorname{tg} \beta = {}^1/_5$ и сообразовать высоту клина $h = c\,d.\cos\alpha$ с величиною поперечной силы для данного узла фермы. При большой поперечной силе (т. е. у опор), следует применять высокие клинья, при малой силе—низкие. Рихтер рекомендует принимать ширину клиньев $b\,c = 25$ до 30 см., а высоту клиньев $= {}^1/_2$ ширины $b\,c$ около опор фермы и $= {}^1/_4$ до ${}^1/_5$ $b\,c$—около середины пролета.



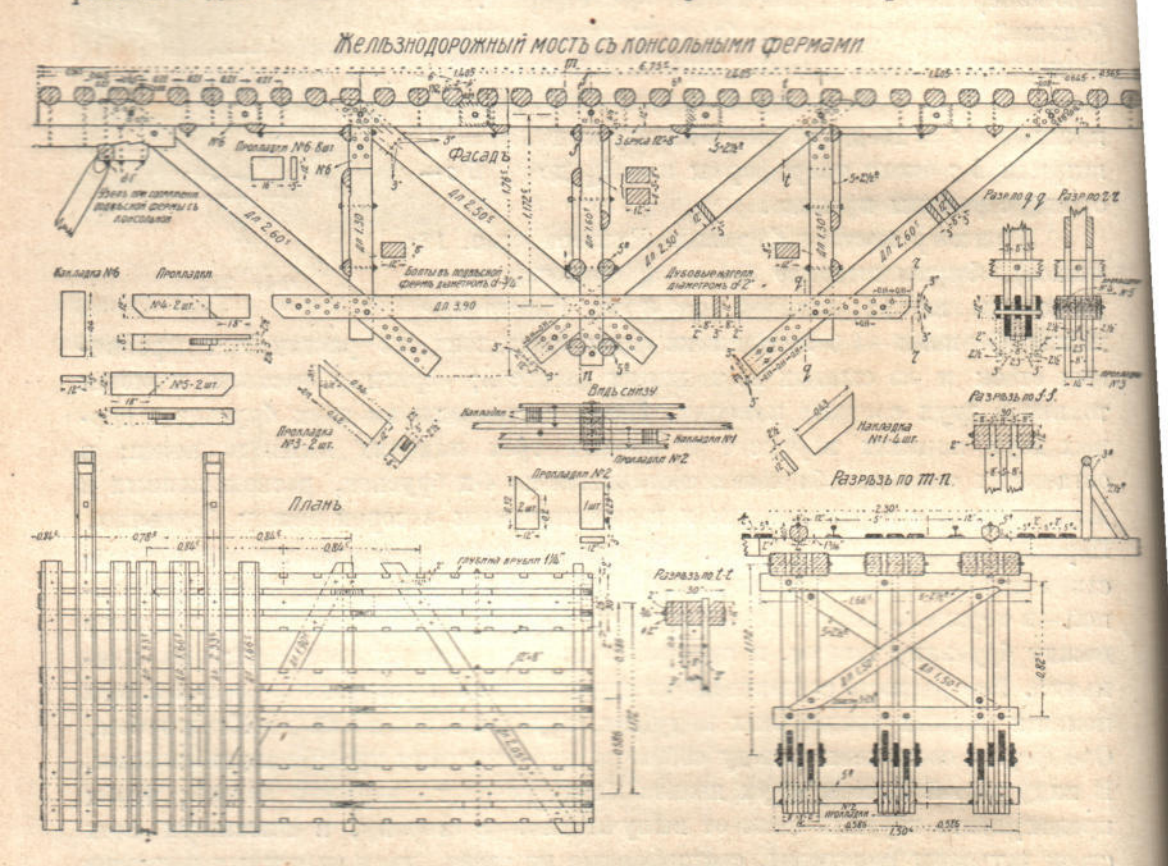
Фиг. 384.

Пример моста с фермами Рихтера (лис. 16 атласа). Фермы высотою 3,6 м. и пролетом 36 м. разделены на 12 панелей по 3 м. Расстояние между фермами—4,6 м. Решетка ферм составлена из растянутых деревянных стоек и из сжатых восходящих раскосов; обратные раскосы имеются только в двух средних панелях. Пояса составлены из двух брусьев в первых двух панелях верхнего и первых трех панелях нижнего пояса; в остальных панелях оба пояса составлены из 4-х брусьев, расположенных в двух ярусах, с вертикальным и горизонтальным зазором между брусьями. Переход от одноярусного к двухъярусному сечению спроектирован посредством врубок зубьями треугольной формы в нижнем поясе и прямоугольной—в верхнем. Все стойки—парные из двух брусьев, пропущенных в зазор между брусьями пояса, и прикреплены к ним тремя или четырьмя клиньями. Все раскосы составлены из двух брусьев и упираются в пояса при помощи парных продольных подушек, врубленных в пояса двойным зубом. Обе фермы соединены между собою только нижними продольными связями. В виду малой высоты ферм нельзя было устроить верхних связей; чтобы предохранить верхний пояс от выпучивания в сторону, в плоскости всех стоек устроены полурамы, составленные из стоек, двух наружных подкосов и сквозной поперечной балки большой высоты. Каждая балка составлена из прогона, поддерживающего два подрельсовых продольных лежня и досчатый настил. Этот прогон подперт ригелем и двумя подкосами, упирающимися в брусчатую распорку, которая пропущена через зазор между брусьями стойки и опирается на подушки в узле нижнего пояса. Распорка, ригель, прогон и подрельсовые лежни обжаты двумя подвесками из 4-х брусьев каждая. Подкосы полурамы нижним концом упираются в концы распорки, а верхний конец подкосов зажат между брусьями стоек и укреплен к ним врубкою и болтом. Концы верхнего прогона поперечных балок также зажаты между обоими брусьями стоек и скреплены с ним болтами. Благодаря большой высоте поперечных балок и их солидному прикреплению к фермам, полурамы обладают значительною жесткостью.

§ 53. Раскосные фермы с вытянутыми элементами из досок.

Эти фермы отличаются тем, что все растянутые элементы, т. е. нижний пояс и раскосы, исполняются из досок и сопрягаются в узлах при по-

мощи дубовых нагелей. Такая ферма с ездою по верху изображена на фиг. 385. Три фермы, установленные рядом на взаимном расстоянии в 1,25 саж., поддерживают подрельсовые поперечины. Фермы высотою 2,5 м. и пролетом 12 м., разделены на 4 панели по 3 м. Верхний пояс состоит из трех брусьев сечением 12×8 дм. и длиною 6,75 саж., уложенных с зазорами в 3 дм. Нижний пояс составлен из трех досок шириною 12 дм. и

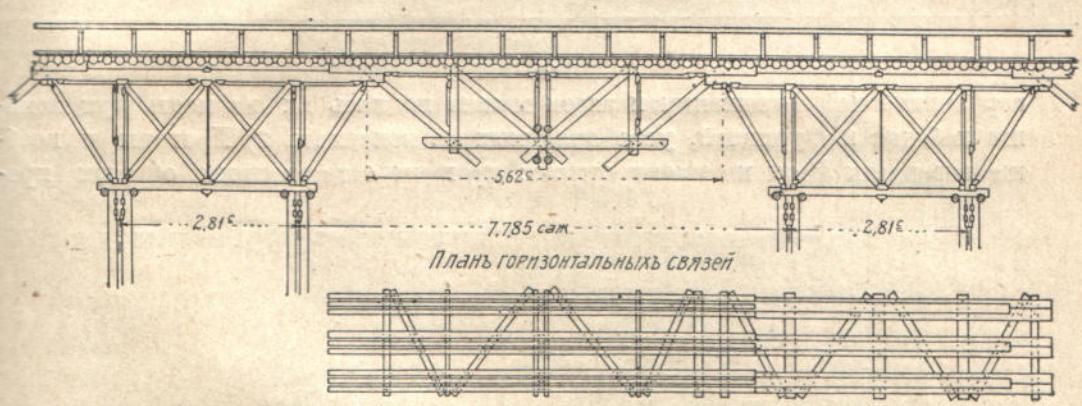


Фиг. 385.

толщиною 3 дм. для средней и 2 дм. для наружной. Решетка ферм состоит из сжатых стоек и растянутых нисходящих раскосов. Первый раскос составлен из двух досок 12×2 дм., а второй раскос—из одной доски того-же сечения. Средняя стойка составлена из двух брусьев 12×8 дм., а остальные две стойки—из одного бруса того-же сечения. Теперь рассмотрим сопряжения элементов в узлах. В опорном узле обе доски раскоса пропущены в зазоры между брусьями пояса и прикреплены к ним 6 дубовыми нагелями, диам. 5 см. и одним болтом. В верхнем среднем узле оба бруса стойки шипом входят в зазор между брусьями пояса и стянуты болтом при двух нагелях. В верхнем узле первой стойки брус стойки поставлен под средним брусом верхнего пояса и прикрепляется при помощи накладки, пропущенной в зазор между брусьями пояса. В другой зазор между брусьями пояса пропущен раскос. В нижнем среднем узле средняя доска нижнего пояса проходит в зазор между брусьями стойки, а обе наружные доски обжимают эти брусья. Раскосы слева и справа пропущены через

прорезы, сделанные в брусьях стойки; конец каждого раскоса снабжен двумя накладками, которые упираются в брусья стойки. В крайнем нижнем узле обе доски раскоса обхватывают стойку; между концами этих досок зажата прокладка, упирающаяся в стойку. Средняя доска нижнего пояса пропущена через прорез в стойке, а обе наружные доски пояса обжимают стойку и обе доски раскоса; между тремя досками нижнего пояса зажаты две прокладки, которые упираются в стойку и раскос. Все нагели — дубовые и имеют диам. 5 см. При расчете нагелей допущены следующие напряжения: на срезывание — 50 к/см.², на смятие поперек волокон — 63 к/см.² Фермы соединены между собою верхними продольными связями в виде четырех диагоналей из пластин $5 \times 2^1/_2$ вер., приболченных к верхним поясам снизу. Поперечные связи между фермами устроены в плоскости всех трех стоек и состоят из верхней и нижней распорки и диагоналей. При испытании эти фермы оказались жесткими: оне дали упругий прогиб в 9 мм. или $^1/_{1330}$ пролета и остающийся прогиб в 2 мм. или $^1/_{6000}$ пролета.

Вышеописанные раскосные фермы, чередуясь с двухконсольными фермами (фиг. 386 и 387), входили в состав сожженной в 1920 г. эстакады

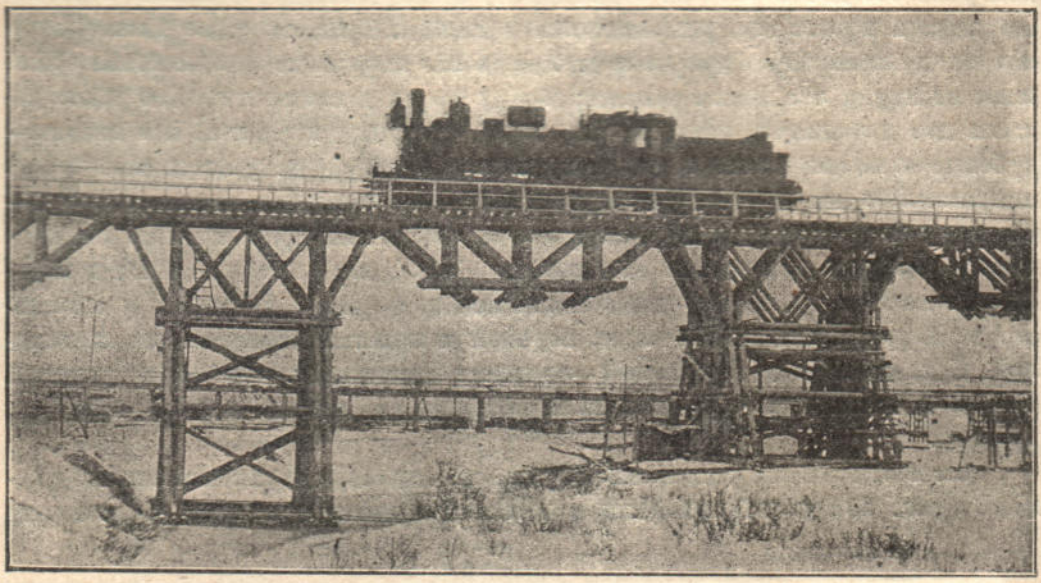


Фиг. 386.

длиною 610 саж. железнодорожного Подольского моста чер. Днепр у Киева. В этой эстакаде малые пролеты в 6 м. (2,81 саж.) чередовались с большими пролетами в 16,6 м. (7,79 саж.). Малые пролеты перекрыты двухконсольными фермами, консоли которых свешивались в смежные большие пролеты слева и справа и поддерживали подвесные фермы. Таким образом каждый большой пролет в 16,6 м. слагался из пролета подвесной фермы в 12 м. и длины двух консолей по 2,3 м. Пролет подвесных ферм назначен в 12 м. с тем, чтобы их верхний пояс еще можно было устроить из целых брусьев без стыка. Исходя из этого пролета в 12 м., длина консолей и пролет консольных ферм в 6 м. определены так, чтобы исключить возможность отрицательных реакций, т. е. отрывание консольных ферм от свайных опор. Предлагаемая конструкция имеет следующие преимущества:

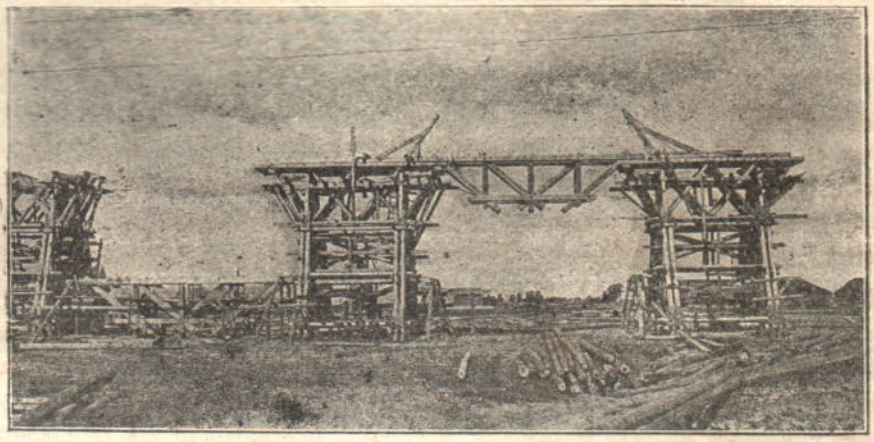
1) Фермы имеют сравнительно небольшую высоту в 2,2 саж. при пролете в 7,8 саж , между тем как подкосные фермы, даже при меньшем пролете

в 6 саж., потребовали бы высоту около 3 саж. 2) Простота сборки без устройства подмостей, так как подвесные фермы можно собрать на земле в



Фиг. 387.

горизонтальном положении и затем можно поднять их на место при помощи лебедок и журавлей, установленных на консолях. 3) Прогоны и вообще все части ферм не имеют стыков; прогоны естественным образом пре-

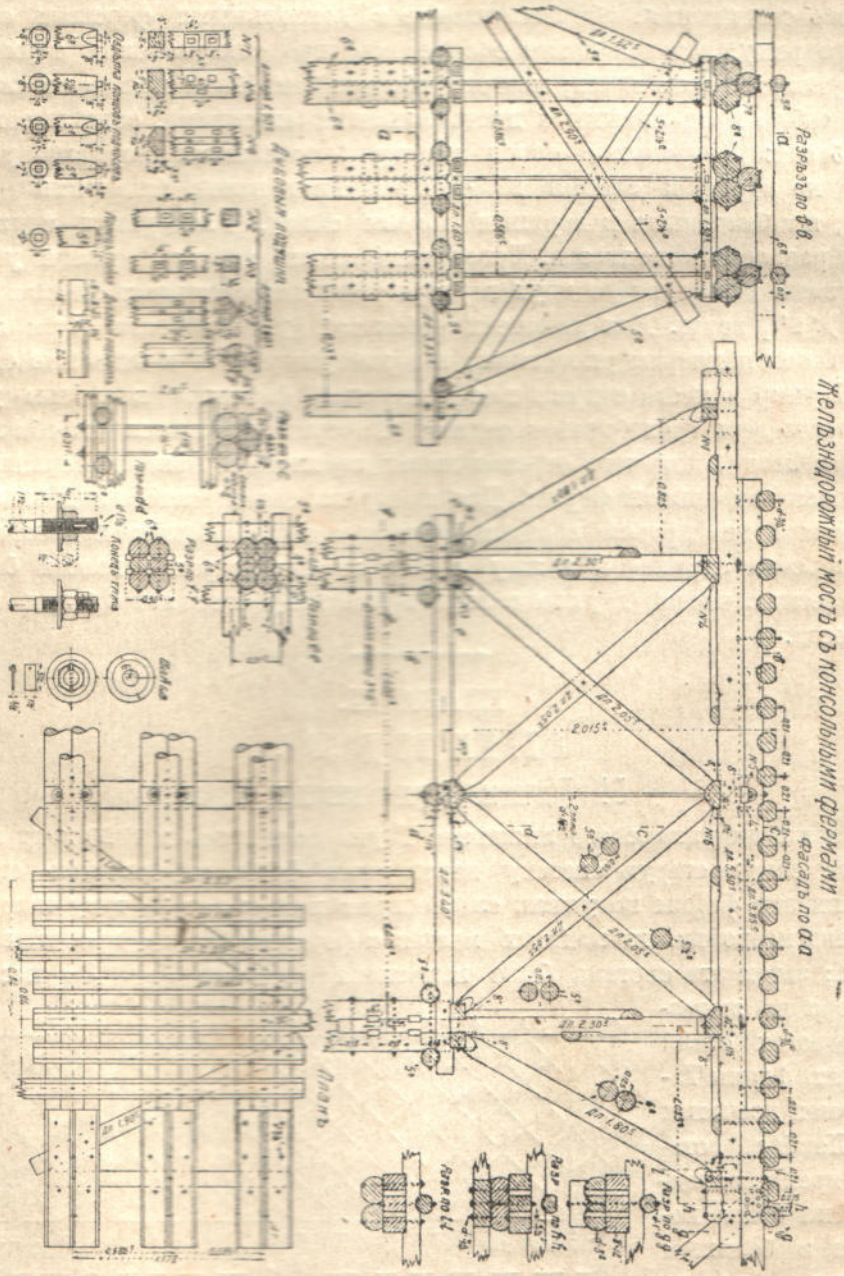


Фиг. 388.

рываются в шарнирах, т. е. там, где изгибающий момент равен нулю. 4) В состав конструкции входит небольшое количество железных частей, причем вес всего железа на пог. саж. моста составляет только 6,8 пуд.

Двухконсольные фермы имеют междуопорную часть пролетом 6 м. и две консоли по 2,3 м. (фиг. 389). Расчетная высота ферм = 4 м. Междуопорная часть фермы разделена на две панели по 3 м. Расстояние между осями ферм = 1,25 м. Все части консольных ферм спроектированы из круглого

леса с простейшими врубками. Верхний пояс составлен из двух 8 верш. бревен, расположенных рядом и связанных между собою горизонтальными болтами. На этих бревнах уложено третье 7 верш. бревно, служащее опорою для подрельсовых поперечин. Затяжка составлена из двух 5 верш. бревен, обжимающих сваи опор. Раскосы, восходящие к середине пролета



Фиг. 389.

состоят каждый из двух 5 верш. бревен. а обратные раскосы—из одного $5^1/_2$ верш. бревна. Подкосы консолей составлены из двух 6 верш. бревен каждый. Все раскосы и подкосы сопрягаются с поясами при помощи дубовых подушек. По средине пролета устроен двойной тяж из круглого же-

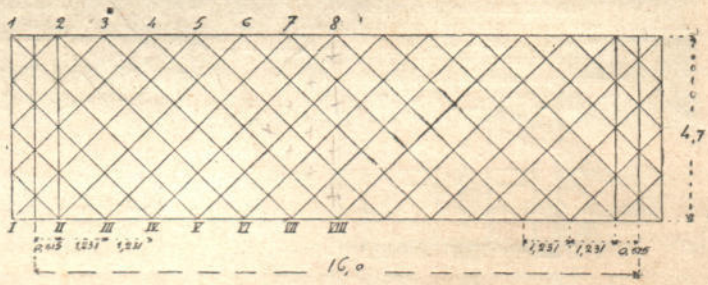
леза диам. $1^3/_8$ дм. с гайками на обоих концах, а также круглыми шайбами диам. $6^1/_2$". Чтобы увеличить площадь смятия, между гайками тяжей и поясами фермы проложены дубовые подушки. Стойки состоят каждая из двух 5 верш. бревен. Их нижний конец пропущен в зазор между коренными сваями и связан с ними при помощи шпонок и болтов. В виду столь прочного соединения, оба быка вместе с консольными фермами образуют жесткую раму, которая может воспринять продольную силу тормажения, действующую вдоль моста; поэтому оба свайных быка можно не связывать между собою продольными и диагональными схватками, если высота моста менее 5 саж. Продольные связи между консольными фермами устроены только по верху и состоят из четырех диагоналей (пластины $5 \times 2^1/_2$ верш.), приболченных к верхним поясам снизу. Распорками служат подушки раскосов и подкосов. Поперечные связи между фермами устроены над быками и состоят из двух перекрестных диагональных схваток из пластин $5 \times 2^1/_2$ верш. Для увеличения боковой устойчивости ферм верхние концы стоек подперты укосинами, которые упираются в откосные сваи быков. Шарнир в месте сопряжения подвесной фермы с консолью устроен так: концы всех трех брусьев подвесной фермы опираются на оба нижних бревна консоли, для чего отрезан конец верхнего бревна, входящего в состав пояса консольной фермы. Для пропуска досок раскоса подвесной фермы, сделано два прореза в обоих бревнах консоли. Концы подвесной фермы и консоли скреплены между собою шестью вертикальными болтами. Вес железных частей двухконсольного участка составляет 6,8 пуд. на пог. саж. моста.

ГЛАВА IX.

ФЕРМЫ ИЗ ДОСОК.

§ 54. Досчатые фермы системы Тауна.

Фермы американского инженера Тауна появились в 1820 году и представляют самую старую систему деревянных ферм со сквозною стенкою. В России эти фермы получили слабое применение: лет 50 тому назад было построено несколько шоссейных мостов с фермами Тауна пролетом 15 до 20 саж.; затем эта система была вытеснена фермами Гау. За последние 2—3 года на железных дорогах стали применять фермы Тауна взамен досчатых ферм Лембке, которые во время последней войны были построены в большом количестве, но не оправдали возложенных на них надежд.



Фиг. 390.

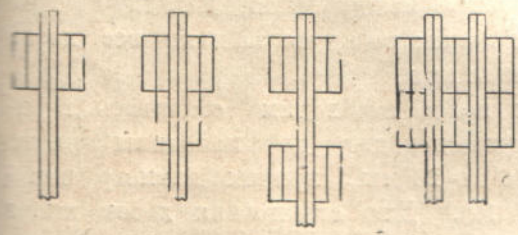
Фермы Тауна имеют параллельные досчатые пояса и многорешетчатое заполнение также из досок (фиг. 390). Число систем раскосов, на которые

можно разложить решетку, равно числу раскосов, пересекаемых разрезом, проведенным от верхнего до нижнего пояса по направлению одного из раскосов. В фермах Тауна это число принимается от 6 до 10, а угол наклонения раскосов—от 45 до 60°. Между числом n систем раскосов, высотою h ферм и длиною d панели существует следующая зависимость, в случае наклонения раскосов под углом 45°:

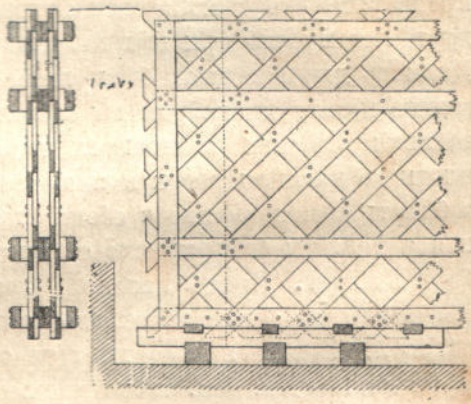
число систем	n	6	8	10	12
гориз. проекция раскоса	$\frac{1}{2} n \cdot d$	$3\,d$	$4\,d$	$5\,d$	$6\,d$
высота ферм	h	$3\,d$	$4\,d$	$5\,d$	$6\,d$
длина панели	d	$\frac{1}{2} h$	$\frac{1}{4} h$	$\frac{1}{5} h$	$\frac{1}{6} h$

Высота ферм принимается от $\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{9}$ их пролета, а длина панели—от 1 до 1,5 м.

Пояса состоят из досок, расположенных вертикальными слоями по обеим сторонам стенки в одном, двух или трех ярусах. Одноярусные пояса (фиг. 391) неудобны тем, что они дают мало места для помещения нагелей и болтов, необходимых для прикрепления раскосов к поясам. В двух'ярусном поясе ярусы могут быть сближены вплотную (фиг. 392), или же их раздвигают настолько, чтобы каждый ярус совпадал с местами пересечения раскосов (фиг. 393 и 395); тогда требуется меньше всего болтов и нагелей



Фиг 391. Фиг. 392. Фиг. 393. Фиг. 394.



Фиг 395.

для прикрепления раскосов. Если решетка ферм двойная, то часть досок пояса располагается между обеими решетками (фиг. 394). Доски, применяемые для поясов, имеют ширину 25 до 30 см., толщину 5 до 7 см. и длину по возможности до 3 саж. или 6,4 м. Высота пояса сохраняется одинаковою на всем его протяжении, а число досок изменяется в зависимости от усилия в поясе. При подборе сечения пояса надо исходить из условия, чтобы с каждой стороны стенки было не более двух досок в одном ярусе, к которым надо прибавить по одной доске для перекрытия стыков. Таким образом, при одиночной решетке и двух'ярусном поясе, максимальное число досок в поясе = 8, а вместе со стыковыми получается 12 досок. При большем числе досок, получается слабая связь между досками отдельных групп.

Стыки досок обоих поясов размещаются обязательно в ступенчатом порядке. Расстояние между стыками назначается так, чтобы на нем помещалось не менее 8 нагелей, размещенных в двух рядах. В одном и том-же сечении пояса допускается стык только двух досок, а именно одной доски слева и одной доски справа от стенки. Так как перекрытие стыков досок

отдельными накладками вызывает затруднения, то, вместо накладок, добавляются лишние доски, а именно по две доски на каждый ярус. Эти стыковые доски полезно располагать не снаружи, а между обеими досками каждой половины яруса.

Нагели. Для взаимной связи досок пояса и для их сопряжения с раскосами, служат дубовые нагели и болты. Диаметр нагелей—от 3 до 6 см., а длина на 5 до 10 см. больше общей толщины пояса. Расстояние от оси нагеля до ближайшего края доски в поперечном направлении не должно быть менее $1^1/_2$ диаметра нагеля. Расстояние от нагеля до торца доски расчитывается из условия, что под действием нагеля доска скалывается по двум параллельным плоскостям. Нагели вытачиваются из молодого дуба. Перед употреблением в дело нагели следует высушить в горячем песке, проварить в масле и смазать свиным салом. При этих предосторожностях, нагели не трескаются, не разбухают от сырости и не усыхают, что чрезвычайно важно в фермах из досок. При усушке нагелей, нарушается связь между досками, и может даже произойти выпадение нагелей. Дыры для нагелей сверлятся при помощи станков сразу через все доски, которые предварительно стягиваются сжимами. Ручных буравов допускать не следует, потому что при них получаются уклонения и неправильные дыры. Диаметр дыры должен быть немного меньше нагеля; правильное соотношение между диаметром дыры и нагеля следует определять путем пробной забивки. Нагели забиваются деревянными молотами. Чтобы достигнуть плотного касания досок и повысить трение между ними, нагели следует забивать одновременно с обеих сторон пояса; во время забивки все доски пояса должны быть крепко стянуты сжимами.

Болты. Кроме нагелей, доски пояса необходимо стягивать горизонтальными болтами, число которых доходит до половины числа нагелей. Болты имеют диаметр от 16 до 20 мм., причем диаметр шайб = 80 до 100 мм. (см. таблицу на стр. 19). Для стягивания досок имеет значение не столько большой диаметр болтов, как их число; поэтому следует применять мелкие болты, увеличивая за то их количество. Болты следует размещать на взаимном расстоянии около 50 см., по возможности рядом с узлами, так как в узлах доски пояса и без того сильно ослабляются нагелями. При разбивке болтов вдоль пояса, надо руководствоваться тем, чтобы в сечениях, уже ослабленных нагелями, доски не получали дополнительного ослабления от болтов. Поэтому рекомендуется ставить болты в места, предназначенные для нагелей и пропускать соответствующие нагели. Расстояние от оси болта до ближайшего края доски в поперечном направлении не должно быть менее тройного диаметра болта. Расстояние от болта до торца доски расчитывается из условия, что под действием болта доска скалывается по одной плоскости.

Решетка ферм Тауна состоит из перекрещивающихся раскосов восходящего и нисходящего направления. Число простых систем раскосов, на которые можно разложить решетку, колеблется между 6-ю и 10-ю. Решетка называется одиночною, если каждый раскос составлен только из одной доски, или двойною, если каждый раскос составлен из двух досок с зазором в 10 до 14 см., причем получается две рядом стоящие одиночные

решетки (фиг. 395). Одиночная решетка проще и конструктивнее; к двойной решетке следует прибегать только при полной невозможности обойтись одиночною решеткою, так как двойная решетка имеет следующие недостатки: 1) приходится ставить прокладки в многочисленных пересечениях между собою раскосов; 2) увеличивается длина нагелей, прикрепляющих раскосы к поясам; 3) увеличивается число щелей между досками, способствующих загниванию. Обыкновенно все раскосы одной и той-же фермы изготовляются из досок одинакового размера. Толщина досок принимается от 5 до 7 см., а ширина от 25 до 30 см.

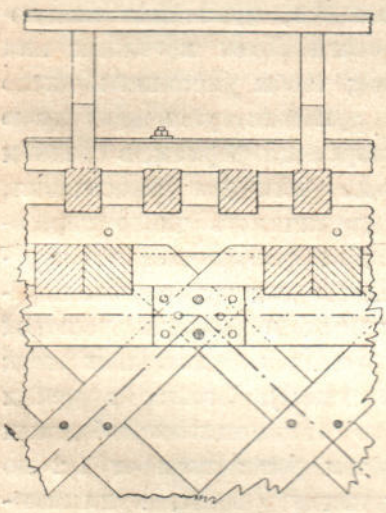
Ширину просветов между раскосами принимают от одиночной до двойной ширины досок раскосов и обыкновенно ее не меняют на всем протяжении фермы. Однако изменение ширины просветов между раскосами является хорошим средством для уменьшения усилий в отдельных раскосах, по мере возрастания поперечной силы. Применительно к балочно-разрезным фермам, можно постепенно уменьшать ширину просветов, т. е. сгущать решетку по направлению от середины пролета к опорам, а около опор доски раскосов можно даже сдвигать вплотную. Таким образом, по мере возрастания поперечной силы, мы постепенно увеличиваем число систем раскосов, между которыми распределяется поперечная сила, и уменьшаем усилия, передающиеся отдельным раскосам. В ферме, изображенной на лис. 19 атласа, средний участок решетки имеет 8 систем раскосов и усилие раскосов $= {}^1/_8 \frac{Q_3}{\sin\alpha}$; в смежном участке решетка сгущается до 12 систем, так что усилие раскосов $= {}^1/_{12} \cdot \frac{Q_2}{\sin\alpha}$; в крайнем участке фермы доски раскосов сдвинуты вплотную, так что поперечная сила распределяется между 26 системами, вызывая в раскосах усилие $= {}^1/_{26} \frac{Q_1}{\sin\alpha}$.

Чтобы связать между собою доски восходящих и нисходящих раскосов и фиксировать свободную длину сжатых раскосов, применяют следующие меры: 1) В местах пересечения раскосы стягиваются нагелями или лучше болтами; на это расходуется много болтов; чтобы уменьшить число болтов, помещают их не во всех пересечениях, руководствуясь величиною усилия в раскосах. Применительно к балочно-разрезным фермам, в среднем участке фермы болты можно помещать через одно или два пересечения; по мере увеличения усилия в раскосах, надо увеличивать число пересечений, стягиваемых болтами, а около опор болтами стягиваются все пересечения. 2) Более практичное и экономное средство для приведения перекрестных раскосов во взаимную связь заключается в обжатии решетки системою горизонтальных реек сечением 18 × 5 см. и вертикальных стоек из брусьев сечением 20 × 20 см. (см. лис. 19 атласа). Стойки и рейки устраиваются парными и стягиваются между собою горизонтальными болтами диам. 12 мм. Стойки располагаются на взаимном расстоянии от 1,2 до 2,2 м., причем меньший размер относится к участку фермы, примыкающему к опорам, а больший размер к середине пролета. Стойки полезны еще тем, что к ним удобно прикреплять диагонали поперечных связей между фермами. Расстояние между горизонтальными рейками принимается

около 70 см. у опор и около 1,5 м. у середины пролета. Изменением расстояния между рейками можно регулировать свободную длину сжатых раскосов, т. е. делать эту длину больше там, где усилия раскосов меньше, и наоборот. В среднем участке балочно-разрезных ферм, где раскосы слабо напряжены, можно ограничиться одним или двумя рядами горизонтальных реек; по мере приближения к опорам, усилия в раскосах увеличиваются и число рядов горизонтальных реек можно увеличивать до трех или пяти. На лис. 19 атласа показана ферма, решетка которой обжата одним рядом реек в среднем участке и тремя рядами—в крайних участках.

Опорные стойки в фермах Тауна необходимы для того, чтобы усилия концевых раскосов передать на опору. Опорные стойки делаются парными, как по фасаду, так и поперек моста; они обжимают решетку фермы и прикрепляются к поясам врубкою на болтах. Каждый конец фермы укладывается на два мауерлата, расположенные как раз под опорными стойками. При прогибе фермы преимущественно работает та половина стойки, которая ближе к середине пролета; поэтому полезно расчитывать на то, что все давление опоры передается этой половине стойки. При поверке опорной стойки на продольный изгиб, достаточно рассмотреть случай ея изгиба из плоскости фермы, принимая сечение стойки за составное, а расчетную длину равною высоте фермы. Во избежание смятия досок нижнего пояса в местах соприкасания с мауерлатами, нижний пояс снабжают подбалкою из одного или двух дубовых брусьев, выбирая в них сквозные отверстия для выступающих концов раскосов.

Укладка поперечных балок. В мостах с ездою по верху расположению поперечных балок в верхних узлах ферм Тауна мешают выступающие концы раскосов; поэтому поперечные балки приходится укладывать на верхнем поясе ферм по середине панелей и считаться с местным изгибом пояса. Выступающие концы раскосов спиливаются вертикально (фиг. 396), чтобы дать место поперечным балкам и держать их от передвижения вдоль моста. При укладке непосредственно на пояс (фиг. 396), поперечные балки давят на пояс неравномерно: при изгибе балок большая часть их давления передается на внутренний край пояса; поэтому желательно принимать меры для центральной передачи давления на пояс. Согласно рис. 5 на лис. 18 атласа, верхние концы раскосов выпускаются выше пояса на 15 см. и обжимаются двумя продольными брусками сечением 15 × 10 см., которые уложены на поясе и стягиваются между собою горизонтальными болтами. Согласно рис. 2 на лис. 18 атласа на верхнем поясе фермы по середине всех панелей уложены поперечные бруски сечением 20 × 15 см. и длиною, равною ширине пояса.

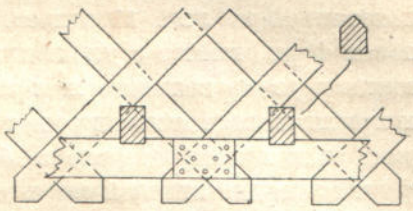


Фиг. 396.

На этих брусках по оси фермы уложен продольный лежень, служащий опорою для подрельсовых поперечин или для поперечных балок. Этот способ

укладки лучше первого, так как поперечные бруски равномернее распределяют давление между досками пояса, чем продольные брусья.

В мостах с ездою по низу концы поперечных балок пропускаются в просветы между раскосами и укладываются на нижнем поясе ферм. В случае одноярусного пояса, просветы имеют треугольную форму (фиг. 397) и для пропуска поперечных балок приходится срезывать их верхние углы. Иногда концы поперечных балок попадают в ромбические просветы, как на рис. 7 лис. 18 атласа, где нижний пояс ферм составлен из трех ярусов досок, из которых оба нижних яруса сдвинуты вплотную, а верхний ярус поднят на 66 см. до горизонтальной оси через пересечения раскосов. Поперечные балки из двутаврового железа опираются на доски второго яруса и обжаты двумя парами вертикальных брусьев, причем правая пара представляет стойку жесткости, пропущенную во всю высоту фермы, а левая пара брусьев доведена только до третьяго яруса досок пояса.



Фиг. 397.

Пример моста с ездою по верху отверстием 8 саж. с усовершенствованными фермами системы Тауна (см. лис. 19 атласа). Мост спроектирован по новейшим нормам П. К. П. С. Усовершенствования, введенные в конструкцию ферм, следующие: 1) пояса ферм устроены двухярусными, чем улучшаются условия прикрепления раскосов к поясам; 2) число систем раскосов, образующих решетку, увеличивается по мере возрастания поперечной силы, благодаря чему удалось ограничиться одиночною решеткою, не прибегая к двойной решетке, влекущей за собою усложнения конструкции; 3) решетка обжата стойками и горизонтальными рейками, стянутыми болтами, благодаря чему не требуется забивки нагелей в местах взаимного пересечения раскосов и сокращается свободная длина сжатых раскосов.

Пролетное строение моста состоит из деревянной проезжей части и из двух ферм, соединенных между собою по верху и по низу продольными связями, а в вертикальной плоскости – опорными и промежуточными поперечными связями. Высота ферм и основные размеры пролетного строения выбраны так, чтобы после его сборки на базе, оно в целом виде могло быть перевезено на железнодорожных платформах.

Проезжая часть составлена из сближенных подрельсных поперечин, сечением 20.27 см., уложенных на двух продольных брусьях сечением 21.30 см., которые расположены над фермами и опираются на них при посредстве коротких поперечных брусков, сечением 15.18 см. Во избежание загорания от углей, выпадающих из топки паровозов, междопутье проезжей части покрыто кровельным железом с засыпкою балластом на толщину 6—8 см.

Фермы пролетом 18 м. и высотою 2,8 м. или $^1/_{6,42}$ пролета (считая между центрами тяжести поясов) разделены на панели длиною 0,31 м. и отстоят одна от другой на 2,3 м. Пояса, верхний и нижний, составлены из досок сечением 30 . 6 см., расположенных в двух ярусах, причем число досок = 12 по средине пролета и = 10 около опор. Верхний и нижний

пояса имеют одинаковый состав сечения. Доски поясов связаны между собою болтами диам. 16 мм. и дубовыми нагелями. Отверстия для нагелей приняты диаметром 5 см., а диаметр нагелей должен быть определен путем пробной забивки. Стыки досок поясов расположены согласно эпюре, показанной на лис. 19 атласа. Для защиты от дождя и снега, верхние пояса ферм, вместе с уложенными на них продольными брусьями, покрыты зонтами из кровельного железа. Что касается нижних поясов ферм, то они покрыты железными зонтами только с наружной стороны; внутренняя сторона этих поясов оставлена без покрытия, так как пространство между фермами в достаточной мере защищено от дождя благодаря засыпке междупутья балластом и большой ширине верхнего пояса ферм.

Решетка ферм—одиночная, составлена из досок сечением $8^3/_4 . 2^1/_4$ дм. На протяжении второй и третей четверти пролета, где поперечная сила сравнительно мала, на каждый раскос приходится $^1/_9$ часть поперечной силы, так как решетка образуется из 9 простых систем. На этом участке доски каждого направления раздвинуты на ширину доски ($8^3/_4$ дм.). На протяжении первой и последней четверти пролета, где поперечная сила достигает своего максимума, удвоено число досок, образующих стенку, так чтобы на каждую доску приходилась только $^1/_{18}$ часть поперечной силы. Все доски решетки сдвинуты вплотную, так что стенка ферм сплошная. Таким путем удалось уменьшить величину усилия, приходящагося на каждый раскос и наиболее напряженный раскос подобрать только из одной доски. Решетка ферм получилась одиночною, благодаря чему конструкция ферм выиграла в смысле простоты, сравнительно с фермами, имеющими двойную решетку. Каждая доска или раскос прикреплен к поясу 4-мя нагелями, расположенными вдоль оси раскоса; время от времени один из нагелей заменен болтом диам. 16 мм. Концы раскосов выпущены за пределы поясов настолько, чтобы доски раскосов не могли сколоться вдоль волокон под действием нагелей.

Все доски решетки обжаты парными стойками и такими-же горизонтальными рейками, расположенными попарно в трех горизонтальных рядах. Стойки имеют сечение 20 . 10 см., а рейки—18 . 5 см. Как те, так и другие, стянуты болтами диам. 12 мм. Такое скрепление решетки имеет два преимущества: 1) в местах взаимного пересечения раскосов не требуется забивки нагелей; не говоря о том, что при обилии пересечений число этих нагелей получается очень большим, они приносят мало пользы в виду слабости той связи, которую они создают между досками; 2) при наличии горизонтальных реек, свободная длина сжатых раскосов соответствует наклонному расстоянию между этими рейками; при отсутствии реек этот вопрос стоит крайне неопределенно, особенно в том случае, если для соединения раскосов в местах их взаимного пересечения пользоваться не болтами, а нагелями, на плотность которых нельзя расчитывать.

Опорные стойки устроены каждая из 2-х брусьев 20 . 25 см., обжимающих стенку фермы и пояса, для помещения которых в концах стойки сделаны вырезы. Концы ферм опираются на парные дубовые мауерлаты сечением 23 . 28 см. Во избежание смятия досок нижнего пояса в местах соприкасания с мауерлатами, нижний пояс снабжен подбалкою из двух

дубовых брусьев, которые обжимают выпущенные концы раскосов и стянуты с ними двумя болтами.

Продольные связи, верхние и нижние, разбиты на 10 панелей по 1,8 м. Поясами этих связей служат пояса ферм, а решетка в каждой панели состоит из двух перекрещивающихся досчатых диагоналей и железных тяжей диам. от 18 до 26 мм. Диагонали верхних связей состоят из одной доски шириною $10^1/_2$ дм., причем толщина меняется в зависимости от усилия. В нижних связях диагонали также состоят из одной доски, но меньшего размера. Чтобы в местах взаимного пересечения диагонали не ослаблялись врубками, диагонали одного треугольного зигзага расположены на толщину доски выше диагоналей другого зигзага. Концы диагоналей упираются непосредственно в пояса и от падения удерживаются подкладками, приболченными к поясам.

Поперечные связи устроены как над опорами, так и в пролете, в местах расположения стоек. Пролетные связи состоят каждая из двух перекрещивающихся диагоналей 20 . 12 см., врубленных в стойки ферм. Опорные связи состоят из двух перекрещивающихся диагоналей 24 . 12 см., врубленных в опорные стойки.

§ 55. Расчет ферм Тауна.

Расчет поясов. Для середины пролета расчитываем наибольший изгибающий момент M от вертикальной нагрузки и задавшись высотою h фермы (считая между центрами тяжести поясов), определяем наибольшее усилие в верхнем и нижнем поясе по формуле — $O = + U = \frac{M}{h}$. По этому усилию подбираем наибольшее сечение верхнего и отдельно нижнего пояса, соответствующее середине пролета. По мере удаления от середины пролета, усилия в поясах уменьшаются и надо соответственно уменьшать сечение поясов, сокращая число досок, т. е. обрывая лишние доски.

Подбор сечения нижнего пояса. В досках употребительного размера нагели размещаются в двух продольных рядах и в шахматном порядке. Устраивая стык такой доски, обыкновенно допускают, что продольная сила передается только четырем нагелям, расположенным в одном ряду, или восьми нагелям—в двух рядах; таким образом в полунакладке стыка растянутой доски будем считать 8 рабочих нагелей. Предположим, что диаметр нагелей $d = 5$ см., толщина доски $\delta = 6$ см., ширина доски $b = 27$ см., допускаемые напряжения сосновой доски на растяжение $R = 110$ к/см.², дубового нагеля на срезывание $R_t = 65$ к/см.² и на смятие $R_\delta = 50$ к/см.², сосновой доски на смятие вдоль волокон $R_\delta = 50$ к/см.², тогда

сопротивление 8 нагелей срезыванию $= 8 . \frac{\pi . d^2}{4} . R_t = 8 . \frac{\pi . 5^2}{4} . 65 = 10192$ к.

сопротивление 8 нагелей смятию $= 8 . d . \delta . R_\delta = 8 . 5 . 6 . 50 = 12000$ к.

сопротивление доски растяжению $= (b - 2d) \delta . R = (27 - 2 . 5) 6 . 110 = 11220$ к.

Из этих трех сопротивлений меньше всех первое, так что разрушение пояса может произойти вследствие среза нагелей в стыке раньше, чем от

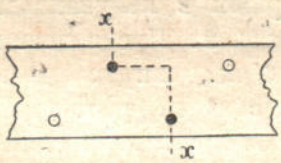
разрыва досок. Отсюда заключаем, что при подборе сечения нижнего (растянутого) пояса надо руководствоваться не только сопротивлением досок разрыву, но также сопротивлением стыковых нагелей срезыванию и смятию. Наибольшее усилие, которое можно передать одной доске, равно меньшему из трех вышеуказанных сопротивлений; обозначим его через min S. Если известно общее усилие U пояса, необходимое число n досок в нижнем поясе получаем по формуле $n = \frac{U}{\min S}$.

Подбор сечения верхнего пояса. Допускаемое напряжение досок на сжатие гораздо меньше, чем на растяжение, а именно 70 вместо 110 к/см.². Кроме того, это напряжение на сжатие должно быть уменьшено на случай продольного изгиба путем умножения на коэффициент φ; поэтому сопротивление досок верхнего пояса сжатию всегда получается меньше сопротивления восьми нагелей срезыванию и смятию, и наибольшее усилие S, которое можно передать одной доске, всегда определяется по формуле $S = (b - d)\,\delta\,.\,R\,.\,\varphi$. Если известно общее усилие O пояса, необходимое число n досок в верхнем поясе получается по формуле

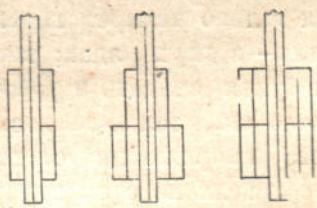
$$n = \frac{O}{S}.$$

Коэффициент φ определяется по формуле Навье для более невыгодного случая продольного изгиба пояса, а именно в горизонтальной плоскости, причем свободная длина пояса равна расстоянию между узлами верхних продольных связей и сечение пояса рассматривается как одно целое.

Определение рабочей площади сечения поясов. Две доски из состава каждого яруса не включаются в рабочую площадь сечения пояса, так как они служат накладками для перекрытия стыков остальных досок. Что касается ослабления досок дырами для нагелей, размещенных в двух продольных рядах, то при определении рабочей площади сечения верхнего пояса из каждой доски достаточно вычитать по одной дыре, между тем как в нижнем поясе из каждой доски надо вычитать по две дыры. Это об'ясняется тем, что, при шахматном размещении нагелей в двух продольных рядах, опасное сечение растянутой доски совпадает с линией $x - x$, проведенною через два нагеля (фиг. 398), так как сопротивление скалыванию по горизонтальному участку этой линии настолько мало, что им можно пренебречь.



Фиг. 398.


Фиг. 399.

Обрыв досок в поясах. Наибольшее сечение поясов, определенное для середины пролета, следует уменьшать по мере уменьшения усилий в поясах. Это делается путем сокращения числа досок в поясах. Предположим, что наибольшее сечение пояса по середине пролета составлено из 8 досок (фиг. 399), не считая 4-х стыковых досок. По мере приближения

к опорам, постепенно сбрасывается по 2 доски, причем получаются сечения из 6 и 4 досок (фиг. 399). Места теоретического обрыва досок совпадают с теми сечениями пояса, в которых усилия пояса равны наибольшим усилиям, которые можно передать сечениям из 6 и 4 досок. Через S обозначим наибольшее усилие, которое можно передать одной доске, тогда сечениям из 8, 6 и 4 досок можно передать наибольшие усилия $8\,S$, $6\,S$ и $4\,S$.

Обозначим через

l в м.—расчетный пролет фермы,

p и k—постоянную и временную нагрузку в к. на пог. м. одной фермы,

x_1 x_2 в м.—расстояние от ближайшей опоры до места теоретического обрыва досок.

Усилие пояса на расстоянии x_1 от опоры расчитывается по формуле

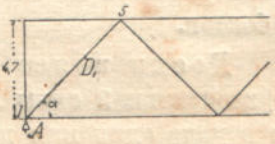
$$\frac{M_1}{h} = \frac{(p+k)\,x_1\,(l-x_1)}{2\,.\,h}$$

Если это усилие приравнять тому усилию, какое можно передать сечению из 6 досок, получим уравнение, по которому можно определить место обрыва 7-ой и 8-ой доски:

$$\frac{(p+k)\,x_1\,(l-x_1)}{2\,.\,h_1} = 6\,S$$

Отсюда определяется расстояние x_1 от ближайшей опоры до места теоретического обрыва 7-ой и 8-ой доски. Такое-же уравнение можно составить для определения x_2, т. е. места обрыва 5-ой и 6-ой доски. По этому способу можно определить обрыв досок как верхнего, так и нижнего пояса с небольшой разницей в способе расчета наибольшей силы S, которую можно передать одной доске: для верхнего пояса эта сила S равна сопротивлению одной доски сжатию (продольному изгибу), а для нижнего пояса сила S равна меньшему из сопротивлений 8 нагелей перерезыванию или смятию или же одной доски растяжению. Для показания длины и стыков всех досок поясов строят две эпюры, одну для верхнего, а другую для нижнего пояса.

Расчет раскосов. Усилия в раскосах определяются по величине поперечной силы Q, в том предположении, что эта сила распределяется по ровну между всеми простыми системами, на которые можно разложить многорешетчатую систему. Число n этих простых систем равно числу раскосов одного направления, которые пересекаются линией, проведенной параллельно раскосам другого направления. Усилие D доски пропорционально поперечной силе $\frac{Q}{n}$ и выражается формулою $D = \frac{Q}{n\,.\,\sin\alpha}$, где α—угол наклона раскоса к горизонту. При определении поперечной силы Q обыкновенно руководствуются следующим допущением. В фермах с ездою по верху Q определяется для сечения, совпадающего с нижним концом рассматриваемого раскоса, а в фермах с ездою по низу—с верхним концом раскоса. Если все раскосы исполняются одинакового сечения и число n систем раскосов не изменяется на протяжении пролета, то можно ограничиться расчетом первого восходящего раскоса (фиг. 400), так как он напряжен более остальных раскосов и притом сжат. В случае езды по верху



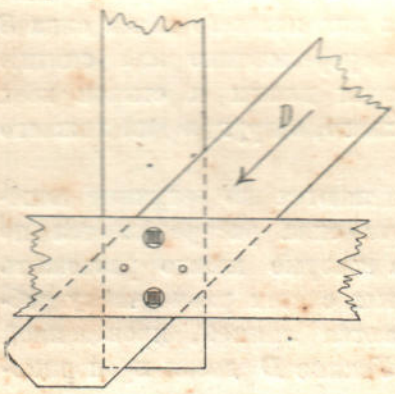
Фиг. 400.

поперечная сила, соответствующая этому раскосу, равна наибольшей реакции A левой опоры, т. е. $Q_1 = A = {}^1/_2\ (p + k)\ l$.

Подбор сечения раскосов. По усилию наиболее напряженного сжатого раскоса подбирают его сечение на случай продольного изгиба раскоса из плоскости фермы, причем расчетную длину раскоса принимают равною длине раскоса между двумя смежными рядами горизонтальных реек, обжимающих решетку. Сечение этого раскоса следует подобрать из одной доски; тогда решетка ферм получится одиночною, к чему следует всячески стремится. Если сечение наиболее напряженного раскоса трудно подобрать из одной доски, можно прибегнуть к одной из следующих мер: 1) можно уменьшить расчетную длину раскоса, сравнительно с остальными раскосами, путем уменьшения расстояния между горизонтальными рейками, обжимающими решетку; 2) можно уменьшить усилие раскоса путем местного увеличения числа систем раскосов, т. е. на данном участке фермы можно сгустить решетку до полного уничтожения просветов между раскосами. Если эти меры недостаточны, приходится переходить к двойной решетке, т. е. к сечению раскосов из двух досок, что крайне нежелательно.

Прикрепление раскосов к поясам расчитывается главным образом из условия смятия досок раскоса и пояса под действием нагелей и болтов, прикрепляющих раскос. Поверки на перерезывание можно не производить, так как сопротивление нагелей двойному срезыванию гораздо больше, чем смятию.

Доска раскоса подвергается смятию вдоль волокон. Эту поверку следует производить на полное продольное усилие D раскоса, независимо от того, прикрепляется ли в данном узле пояса только рассматриваемый раскос (как в опорных узлах) или кроме него еще другой раскос. Пусть (фиг. 401) раскос, состоящий из одной доски толщиною δ_1 см., прикреплен к поясу двумя болтами диаметром d_1 и двумя нагелями диаметром d_2. Тогда диаметральная площадь нагелей и болтов, прикрепляющих раскос, будет: $\delta_1\ (2\ d_1 + 2\ d_2)$. Напряжение на смятие $\frac{D}{\delta_1\ (2\ d_1 + 2\ d_2)}$, должно быть меньше допускаемого напряжения на смятие вдоль волокон (50 к./см.²).



Фиг. 401.

Концы раскосов выпускаются за пределы поясов настолько, чтобы доски раскосов не могли сколоться вдоль волокон под действием нагелей и болтов.

Доски пояса поверяются на смятие вдоль волокон под действием горизонтальной силы H, величина которой зависит от того, прикрепляется ли в узле один или два раскоса. 1) В случае одного раскоса (как в опорных узлах) горизонтальная сила H равна горизонтальной составляющей усилия D в раскосе, т. е. $H = D\ .\ \cos\alpha$, где α—угол наклона раскоса к горизонту. Если пояс составлен из двух досок толщиною δ_2, то их напря-

жение на смятие вдоль волокон (фиг. 401) $= \frac{D \cdot \cos \alpha}{2\,\delta_2\,(2\,d_1 + 2\,d_2)} < 50$ к./см.².

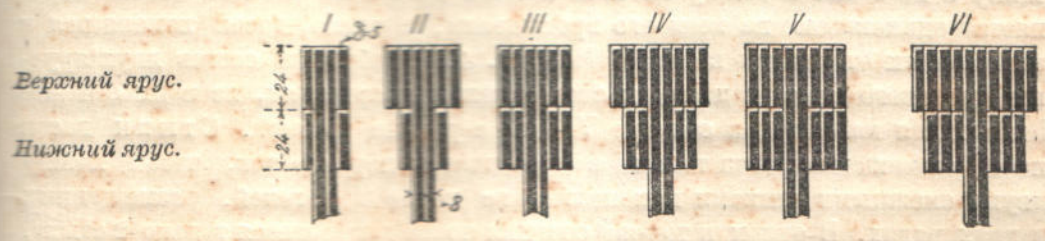
2) Если в узле прикрепляется два раскоса (восходящий и нисходящий), то горизонтальная сила H равна равнодействующей усилий обоих раскосов или что то-же—разности усилий в обоих элементах пояса, примыкающих к данному узлу. Более невыгодным является первый случай.

При поверке устойчивости мостов с фермами Тауна на опрокидывание ветром, коэффициент устойчивости можно принимать $= 1{,}2$, если опрокидывание предполагается относительно оси пояса. Если же опрокидывание предполагается относительно наружной кромки пояса, то коэффициент устойчивости должен быть не менее 1,5. При расчете давления ветра на фермы Тауна их стенку следует рассматривать как сплошную, учитывая таким образом влияние задней фермы.

§ 56. Досчатые фермы со сплошною стенкою. (Фермы Лембке).

В России досчатые фермы со сплошною стенкою стали применяться с 1898 года, после того, как привилегия на их постройку была дана инж. Лембке. До 1914 года эти фермы применялись главным образом для земских дорожных мостов; во время последней войны они получили очень широкое применение для железнодорожных мостов. Досчатые фермы Лембке со сплошною стенкою не представляют ничего оригинального; они относятся к типу известных с 1820 года многорешетчатых ферм системы Тауна, так как они имеют все характерные особенности ферм Тауна, а именно: 1) пояса образованы из досок, расположенных вертикальными слоями, 2) стенка составлена из двух слоев наклонных перекрещивающихся досок и 3) пояса прикрепляются к стенке при помощи горизонтальных дубовых нагелей. Разница заключается только в том, что в ферме Тауна оставлены просветы между досками, образующими стенку, а Лембке сдвинул эти доски вплотную.

Фермы Лембке применяются главным образом для мостов с ездою по верху пролетом до 12 саж.; но в последнее время начали применять эти фермы также для мостов с ездою по низу. Высоту ферм Лембке принимают от $^1/_8$ до $^1/_6$ их пролета.



Фиг. 402.

Пояса ферм Лембке состоят из досок, расположенных вертикальными слоями по обоим сторонам стенки в одном, двух или трех ярусах. С каждой стороны стенки помещают не более четырех досок в одном ярусе, из которых одна доска служит накладкою для перекрытия стыков остальных досок. Доски, применяемые для поясов, имеют ширину 25 до 30 см., тол-

Основные размеры ферм Лембке для железнодорожн. мостов с ездою по верху.

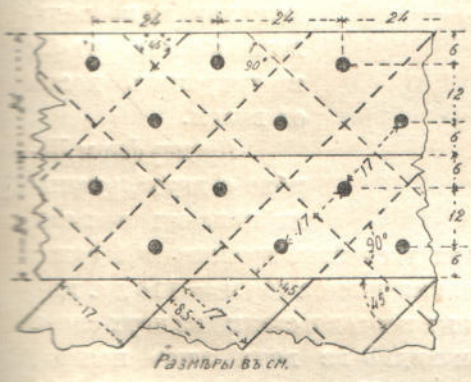
Длина ферм.	Расчетный пролет.	Расстояние между осями ферм.	Полная высота ферм.	Отношение высоты ферм к пролету.	Число ярусов в каждом поясе.	Число досок в сечении по средине пролета		Сечение досок в вершках.		Расчетный поезд.	Название железной дороги.
						верхн. пояса.	нижн. пояса.	Пояса.	Стенка.		
саж.	саж.	дм.	дм.								
6	5,6	72	66	$^1/_{7,1}$	2	20	12	6×1	4 × $1^1/_8$	Нормальный поезд М. П. С. 1884 г., или поезд с одним паровозом сер. III.	Галицкие.
$6^1/_2$	6,1	72	66	$^1/_{7,8}$	2	20	12	6×1	4 × $1^1/_8$		
7	6,6	72	86	$^1/_{6,5}$	2	16	12	6×1	4 × $1^1/_8$		
$7^1/_2$	7,1	72	96	$^1/_{6,2}$	2	16	12	6×1	4 × $1^1/_4$		
8	7,6	72	96	$^1/_{6,7}$	2	20	16	6×1	4 × $1^1/_8$		
8.5	8,1	72	101	$^1/_{6,8}$	2	20	16	6×1	4 × $1^1/_8$		
9	8,6	84	106	$^1/_{6,8}$	2	20	16	6×1	4 × $1^1/_8$		
9,5	9,1	84	111	$^1/_{6,9}$	2	20	12	6×1	4 × $1^1/_4$		
10	9.6	84	111	$^1/_{7,3}$	2	24	16	6×1	4 × $1^1/_8$		
10,5	10,1	84	116	$^1/_{7,3}$	2	28	16	6×1	4 × $1^1/_8$		
11	10,6	84	121	$^1/_{7,4}$	2	28	20	6×1	4 × $1^1/_8$		
12	11,5	84	121	$^1/_8$	2	32	20	6×1	4 × $1^1/_4$		
12,25	10,5	84	109	$^1/_{8,1}$	3	30	22	6×$1^1/_8$	4 × $1^1/_8$	2 паровоза сер. III.	
12.94	12 0	84	136	$^1/_{7,4}$	3	36	24	6×1	4 × $1^1/_4$		
12,94	11,5	84	126	$^1/_{7,6}$	3	36	24	6×$1^1/_8$	4 × $1^1/_2$		
12,94	11,5	84	147	$^1/_{6,6}$	2	24	20	6×$1^1/_8$	$7^1/_2$″ × $2^1/_2$″		
								дм.	дм.		
3,45	3,25	72	55	$^1/_5$	1	4	4	9×3	9 × 2	Нормальный поезд 1896 года.	Юго-Западные.
4,5	4,25	72	76	$^1/_{4,7}$	1	6	6	9×2	9 × 2		
5,7	5,25	72	76	$^1/_{5,8}$	1	6	4	10×2	9 × $2^1/_2$		
6,8	6,4	72	101	$^1/_{5,3}$	1	8	6	9×$2^1/_2$	9 × $2^1/_2$		
9,28	8,58	72	113	$^1/_{6,3}$	1	10	6	10×2	9 × $2^1/_2$		
10,9	10,6	72	118	$^1/_{7,8}$	2 и 1	16	8	9×3	9 × $2^1/_2$		
14,28	13,58	109	153	$^1/_{7,4}$	2	20	12	10×2	9 × $1^1/_2$		
16,20	15,7	109	153	$^1/_{8,6}$	2	20	16	9×$2^1/_2$	9 × 2		

щину 5 до 7 см. и длину по возможности до 3 саж. Высота пояса сохраняется одинаковою на всем его протяжении, а число досок изменяется в зависимости от усилия в поясе. На фиг. 402 изображен состав двух'ярусного верхнего пояса в шести последовательных сечениях, из коих сечение I находится на опоре, а сечение VI—по середине пролета. Стыки досок пояса размещаются обязательно в ступенчатом порядке так, чтобы между двумя смежными стыками помещалось не менее 8 нагелей, размещенных в двух рядах. В одном и том-же сечении пояса допускается только 2 стыка, а именно одной доски слева и одной доски справа от стенки. Для перекрытия стыков добавляют по две лишних доски на каждый ярус, причем эти доски полезно располагать не снаружи, а между досками пояса. Для взаимной связи досок пояса и для их сопряжения со стенкою служат дубовые нагели и болты; необходимые сведения о тех и других сообщены на стр. 202.

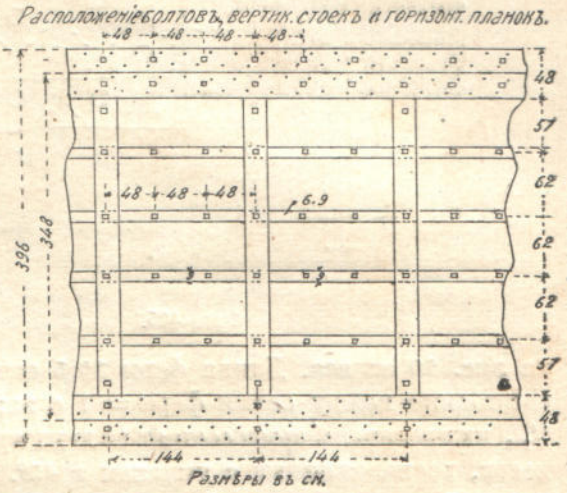
Стенка фермы состоит из двух слоев досок, наклоненных под углом 45° к горизонту. В одном слое доски имеют восходящее, а в другом слое нисходящее направление. Ширина досок, образующих стенку, определяется в зависимости от ширины досок пояса и угла наклонения раскосов так, чтобы в поясах нагели располагались в шахматном порядке и вместе с тем, по осям досок стенки. Например, для поясов из досок шириною 24 см. (фиг. 403) ширина раскосов:

$$b = \frac{1}{2}\ 24\sqrt{2} = 16{,}97 \text{ см.} \sim 17 \text{ см.}$$

Каждая доска стенки прикрепляется к поясу двумя нагелями при одноярусном, четырьмя нагелями при двух'ярусном (фиг. 403) и шестью нагелями при трех'ярусном поясе. Доски, образующие стенку, обжимаются вертикальными брусками сечением около 6 × 6 дм., располагаемыми на взаимном расстоянии около 1,5 м., и горизонтальными рейками сечением около 7 × 2½ дм., отстоящими одна от другой на 50 до 60 см. (фиг. 404). Как стойки, так и рейки попарно стягиваются между собою горизонтальными болтами диам. ½ дм.



Фиг. 403.



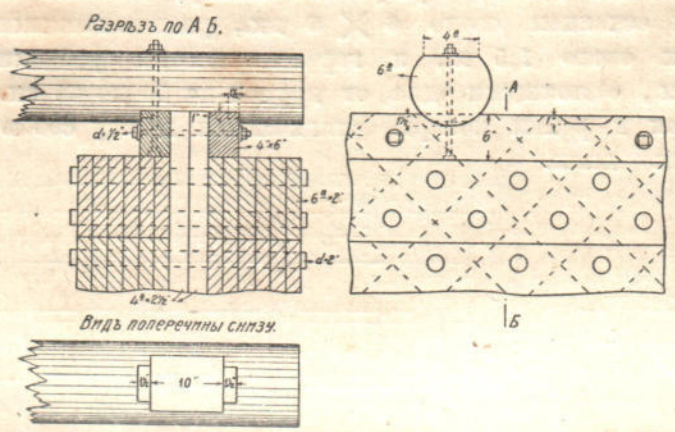
Фиг. 404.

При увеличении высоты фермы уменьшается количество досок в поясах и увеличивается длина досок в стенке. Для фермы пролетом 11,5 саж. мы подсчитали число досок в поясах и стенке для двух случаев, т. е. при высоте фермы в 1,75 саж. и в 1,5 саж. При высоте в 1,5 саж. число досок в верхнем поясе получилось настолько большим (36 досок), что их надо разместить в трех ярусах, между тем как другая ферма высотою 1,75 саж. имеет двух'ярусные пояса. Для обоих ферм число досок указано в следующей табличке.

Высота фермы . . . . . саж.	1,75	1,5
Число ярусов в поясе.	2	3
Погон. саж. досок:		
в верхнем поясе	238 } 430	339 } 584
в нижнем поясе	192	245
в стенке	554	480
Всего погон. саж.	984	1064

Итак при увеличении высоты фермы на 0,25 саж. количество досок в поясах уменьшилось на 26%, а в стенке увеличилось на 15%; общее количество досок уменьшилось на 8%; кроме того число нагелей в поясах уменьшилось на 33%, вследствие перехода с трех'ярусных поясов к двух'ярусным. С другой стороны увеличение высоты ферм влечет за собою уменьшение боковой устойчивости пролетного строения.

Укладка поперечин. В мостах с ездою по верху подрельсовые поперечины укладываются на верхнем поясе ферм. Чтобы давление поперечин передавалось поясу центрально, на нем укладывается продольный лежень (см. лис. 20 атласа); но лучше пользоваться способом, указанным на фиг. 405. Верхние концы досок, образующих стенку, выпускаются выше пояса дюймов на 6 и обжимаются двумя продольными брусками, которые уложены на поясе и стянуты между собою горизонтальными болтами. Верхний пояс ферм следует покрывать кожухом из кровельного железа, чтобы предохранить доски от влаги.



Фиг. 405.

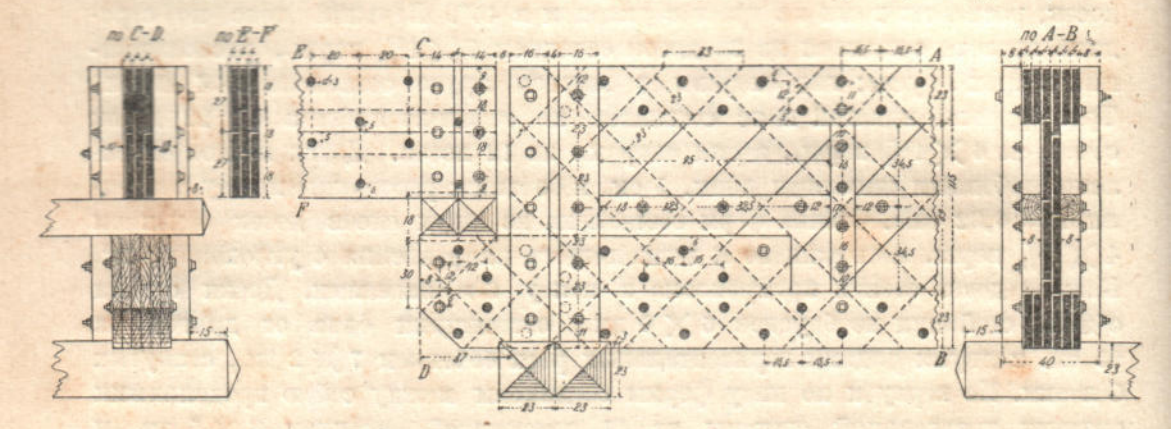
Пример ферм Лембке с двух'ярусными поясами показан на лис. 20 атласа. Длина ферм 10,5 саж. при расчетном пролете 10,1 саж.; расстояние между осями ферм = 1 саж.; полная высота ферм = 116 дм. или $^1/_{7,3}$ их пролета. Фермы состоят из двух'ярусных поясов и стенки из двух слоев досок, расположенных с уклоном в 45°. Как видно из двух эпюр поясов, верхний пояс по середине пролета составлен из 28 досок, сечением 6×1 верш., расположенных в двух ярусах; над опорами в каждом ярусе пояса оставлено только две доски. Двух'ярусный нижний пояс составлен по середине пролета из 16 досок сечением 6×1 верш., а над опорами—из 8 досок. Доски обоих поясов скреплены помощью дубовых нагелей диам. 5 см. и болтов диам. $^1/_2$ дм.; расстояние между последними = 20 дм. Стенка ферм составлена из двух слоев досок сечением $4 \times 1^1/_8$ верш. восходящего и нисходящего направления с уклоном в 45°. Каждая доска стенки прикреплена к поясу 4-мя нагелями. Доски стенки обжаты стойками из брусков 6×6 дм., отстоящими одна от другой на 60 дм., и горизонтальными рейками сечением 7×2 дм., стянутыми болтами диам. $^1/_2$ дм. По верху и по низу фермы соединены между собою продольными связями из 10 пар перекрещивающихся диагоналей сечением 6×6 дм. Диагонали имеют вырубки на всю ширину пояса и выпущены за пояса на 10 дм. Над опорами и еще в 7-ми местах между фермами устроены поперечные связи в виде креста из двух досок сечением $8^3/_4 \times 2^1/_2$ дм., прикрепленных к стой-

кам помощью болтов диам. 5/8 дм. Фермы расчитаны на нормальный поезд 1884 г. и допускают пропуск поезда с одним паровозом сер. Щ.

Пример ферм Лембке с трех'ярусными поясами показан на лис. 21 атласа. Длина ферм 12,25 саж. при расчетном пролете 10,5 саж.; расстояние между осями ферм = 1 саж. Полная высота ферм 109 дм. или $^1/_{8,1}$ пролета. Фермы состоят из трех'ярусных поясов и стенки из двух слоев досок, расположенных на крест с уклоном в 45°. Верхний пояс по середине пролета составлен из 30 досок сечением $6 \times 1^1/_8$ верш., расположенных в трех ярусах; над опорами в каждом ярусе оставлено по 4 доски. Трех'ярусный нижний пояс составлен по середине пролета из 22 досок сечением $6 \times 1^1/_8$ верш., а над опорами из 12 досок. Доски поясов скреплены дубовыми нагелями диам. 5 см. и болтами; расстояние между последними = 0,32 саж. Стенка ферм составлена из двух слоев досок сечением $4 \times 1^1/_8$ верш. восходящего и нисходящего направления с уклоном в 45°. Каждая доска стенки прикреплена к поясу 6-ю нагелями. Доски стенки обжаты стойками из брусков 6×6 дм., отстоящими одна от другой на 95 см. и двумя рядами горизонтальных реек сечением 7×2 дм., стянутых болтами. По верху и по низу фермы соединены между собою продольными связями треугольной системы из 11 диагоналей сечением 8×5 дм. и 7×5 дм. В диагоналях сделаны вырубки на всю ширину пояса и концы их выпущены за пояса на 8 дм. Над опорами и в пролете между фермами устроены поперечные связи в виде креста из двух брусьев, врубленных в стойки одиночным зубом. Принятое между фермами расстояние в 1 саж. не обеспечивает устойчивости пролетного строения на опрокидывание под действием ветра; для увеличения устойчивости устроены наружные укосины, которые верхним концом упираются в опорные стойки, а нижним концом в мауерлаты. От бокового сдвига фермы удерживаются обрубками, врезанными двойным зубом в мауерлаты. Фермы расчитаны на поезд с двумя паровозами сер. Щ.

Специальные опоры для ферм Лембке. Подрельсовые поперечины обыкновенно укладываются непосредственно на верхний пояс ферм Лембке; поэтому расстояние между осями этих ферм принимается от 0,85 до 1 саж. Столь малое расстояние между фермами не обеспечивает устойчивости ферм на опрокидывание под действием бокового ветра; между тем увеличение расстояния между фермами повлекло бы за собою усложнение проезжей части от добавления продольных и поперечных балок. Чтобы обеспечить устойчивость ферм Лембке, обыкновенно пользуются наружными укосинами, которые входят в состав свайной или рамной опоры и своим верхним концом упираются в опорные стойки. На лис. 22 атласа показаны разные типы свайных быков с такими укосинами, а именно одноярусные быки при высоте до 2 саж. и двух'ярусные быки при высоте от 2 до 4 саж. Те и другие быки показаны в двух вариантах: более слабый бык с 12 коренными сваями при пролетах до 8 или 10 саж. и более сильный бык с 16 коренными сваями при пролетах от 8 до 12 саж. При высоте быков до 2,5 саж. от земли, через каждые 70—80 м. надо ставить двойные быки толщиною не менее 2 м. При высоте от 2,5 до 4,5 саж. двойные быки надо ставить через каждые 40—50 м.

Совмещенные опоры. Опирая балочно-разрезные фермы двух смежных пролетов на один и тот-же бык, обыкновенно забивают не менее двух поперечных рядов свай, по одному для ферм каждого пролета. Чтобы сократить число свай до одного ряда, фермы одного пролета можно опирать на конец ферм другого пролета, устраивая так называемые совмещенные опоры. На фиг. 406 показана такая опора для случая, когда пролет



Фиг. 406.

слева меньше пролета справа. Конец фермы правого пролета обжат парною стойкою и уложен на спаренных брусьях. Нижний пояс этой фермы, усиленный двумя досками длиною около 1.5 м., выпущен в виде консоли и поддерживает два поперечных бруса, служащих опорою для ферм левого пролета. При этом нагрузка обоих пролетов передается центрально на нижние спаренные брусья и можно обойтись одним поперечным рядом свай. Совмещенные опоры очень удобны для устройства мостов на кривой, так как перелом оси моста достигается удлинением консолей тех ферм, которые расположены дальше от центра кривой.

Фермы Лембке с консолями. На Юго-Западн. жел. дор. с успехом применяются неразрезные двухпролетные фермы Лембке с двумя консолями. Если на консоли длиною 1,35 саж. опереть сопрягающие балочки пролетом 2,5 саж., то такими фермами можно перекрыть 4 пролета, из которых два средних по 6 саж. и два крайних по 3,85 саж., т. е. общая длина пролетов = 19,7 саж. По этой схеме построен обходный мост через Икву на 5 вер. Кременецкой линии, показанный на рис. 1 лис. 23 атласа. Длина консолей в 1,35 саж. подобрана так, чтобы изгибающий момент консоли на опоре равнялся моменту неразрезной балки на средней опоре, причем изгибающий момент для консоли определен в том предположении, что на ея конец опирается сопрягающая балка пролетом 2,5 саж.

В конструктивном отношении заслуживает внимания шарнир в конце консоли, для устройства которого в верхнем конце консоли сделан прямоугольный вырез, доходящий до середины высоты консоли. На нижней площадке этого выреза уложено два поперечных бруса, служащих опорою для конца сопрягающей балки. Нижние концы консолей обоих ферм соединены между собою крестом из двух досчатых диагоналей. В остальном устройство ферм такое-же, как в обыкновенных однопролетных фермах Лембке.

Расчет ферм Лембке. Усилия в поясах и в стенке определяются как для сквозной фермы многорешетчатой системы, т. е. как для ферм Тауна. Поэтому все изложенное в § 55 применительно к фермам Тауна, относится также к фермам Лембке.

Характеристика ферм Лембке. Во время последней войны фермы Лембке получили широкое распространение на железных дорогах, благодаря их портативности, позволяющей доставлять на место работ готовые пролетные строения, заготовленные на базах. Пятилетний опыт применения ферм Лембке на железных дорогах показал ненадежность и недолговечность этих ферм. Бывшим Управлением Галицийских жел. дор. было установлено около 60 ферм Лембке; через полгода после этого около $^1/_5$ этих ферм пришли в негодность, вследствие разрыва досок нижнего пояса. Эти разрывы наблюдались главным образом по средине и в четвертях пролета, причем в одних случаях рвались наружные, а в других случаях внутренние доски нижнего пояса. Замена лопнувших досок новыми представляет очень трудную задачу, в виду затруднительности выколачивания старых нагелей. Поэтому усиление ферм производилось путем добавления в нижнем поясе двух новых ярусов досок, расположенных над первоначальным поясом и прикрепленных к стенке дубовыми нагелями. Такому усилению подверглись не только поврежденные фермы, но и вся партия заготовленных и еще не установленных ферм. В других случаях, вместо указанного усиления, под середину поврежденных ферм Лембке были подведены дополнительные опоры, а в одном случае, вместо такой опоры, под каждою фермою была устроена ригельно-подкосная конструкция, опиравшаяся на существующие опоры.

На Северных железных дорогах из 48 ферм, построенных самою фирмою Лембке, после четырех-летней службы выбыли из строя около 8% ферм, вследствие разрыва досок нижнего пояса. Пермская жел. дорога, после обширного опыта с фермами Лембке, пришла к заключению, что максимальным сроком службы этих ферм надо считать три года. Мурманская жел. дорога периодическиии измерениями прогиба установила, что остающийся прогиб ферм Лембке со временем увеличивается. Южные жел. дор. отказались от применения ферм Лембке после крушения таких ферм пролетом 8 саж., имевшего место в ноябре 1920 г. на 529 версте, вследствие разрыва досок нижнего пояса, причем внутренние доски пояса оказались сгнившими, между тем как наружные доски имели здоровый вид. На Ташкентской и других жел. дорогах также наблюдались случаи разрыва нижнего пояса ферм Лембке под действием нагрузки. Столь неблагоприятные результаты применения ферм Лембке об'ясняются следующими их недостатками.

1) Попадая в многочисленные щели между досками, вода способствует быстрому загниванию досок, в особенности внутренних досок нижнего пояса. Положение ухудшается тем, что наружный осмотр не дает возможности судить о состоянии внутренних досок; известны случаи, когда после четырехлетней службы ферм Лембке внутренние доски оказывались совершенно сгнившими, несмотря на то, что при наружном осмотре фермы казались вполне надежными. Чтобы исследовать состояние внутренних

досок, лучше всего извлечь пробу материала при помощи шведского бурава. Для предохранения досок от загнивания, следует защищать фермы от дождя, устраивая на поясах покрышки из кровельного железа. Сплошная обшивка ферм досками препятствует циркуляции воздуха около ферм и поэтому не рекомендуется.

2) Роль нагелей, забиваемых в доски пояса, заключается в равномерном распределении между досками продольного усилия пояса; для этого нагели должны оказывать достаточное сопротивление изгибу; однако при толщине пояса, доходящей до одного аршина, нагели столь слабо сопротивляются изгибу, благодаря их большой длине, что они не могут выполнить своего назначения. Вследствие этого большая часть усилия пояса передается ближайшим к стенке доскам пояса, вызывая в них перенапряжения, между тем как более удаленные доски слабо работают. В виду этого внутренние доски удлиняются больше чем наружные, и нагели изгибаются в горизонтальной плоскости. Это вредное явление можно ослабить, если толщину пояса делать как можно меньше, размещая его доски не в одном, а в двух или трех ярусах.

3) При проходе поездов фермы Лембке скрипят, повидимому оттого, что доски поясов перемещаются одна относительно другой. Это указывает на то, что нагели создают недостаточно прочную связь между досками; поэтому необходимо стягивать доски болтами в количестве не менее 50% от числа нагелей. В виду большого размера шайб (для болтов диам. 16 мм. требуется шайба диам. 80 мм.), трудно разместить болты в промежутках между нагелями и для помещения болтов приходится время от времени пропускать нагели.

4) Под влиянием усушки досок фермы Лембке провисают. При изготовлении ферм из сырого леса или при неаккуратной работе провисание ферм настолько велико, что оно заметно простым глазом. Провисшие фермы Лембке не поддаются выправлению, и в этом отношении уступают фермам Гау и другим, которые выправляются подтягиванием тяжей. Поэтому при изготовлении ферм Лембке надо принимать все меры к тому, чтобы они провисали как можно меньше; для этого фермы должны изготовляться из безусловно сухих досок, отборного качества без сучков и трещин, причем работа должна быть самая точная и аккуратная.

5) Нагели вызывают очень большое ослабление досок. Согласно изложенному на стр. 208, при шахматном размещении нагелей в двух продольных рядах поперечное сечение вытянутой доски ослабляется не одною, а двумя дырами. При ширине доски в 27 см. и диаметре нагелей в 5 см. это ослабление составляет около 40% сечения доски.

6) В виду большого количества нагелей и болтов, расходуемых на фермы Лембке,[1]) они обходятся дороже других систем, о чем свидетельствует следующая таблица, показывающая стоимость ферм четырех систем, входивших в состав эстакады железнодорожного моста чер. Днепр у Киева

---

[1]) При постройке моста чер. Припять на Подольской жел. дор. общая длина нагелей, поставленных в фермах Лембке, доходила до 25 верст.

на Киево-Черниговской линии и построенных одновременно при одинаковых ценах на материалы и работу (в 1916 г.).

№ фиг. в тексте.	Система ферм.	Расчетн. пролет мет.	Стоимость двух ферм и связей в руб. на пог. саж. моста.			
			Лесного материала.	Железных частей.	Работы.	Всего.
243	Ригельно-подкосная	9	100	28	72	200
385	Досчатая раскосная	16,7	195	25	125	345
389	Двух консольная		240	70	190	500
404	Лембке	24,5	405	95	300	800

Стоимость подрельсовых поперечин, досчатого настила и перил составляет 130 руб. на пог. саж. моста, считая стоимость материала и работы. Как видно из таблицы, фермы Лембке обошлись гораздо дороже других.

В виду изложенных недостатков и руководствуясь результатами анкеты, произведенной на всех железных дорогах, происходивший в Москве в декабре 1920 г. XXXII с'езд инженеров Сл. Пути вынес следующее постановление: 1) Для капитального восстановления мостов применение ферм системы Лембке не должно допускаться. 2) Для временного восстановления мостов на срок не более 3 лет, возможно применение ферм Лембке при условии высокой тщательности изготовления этих ферм из соснового, сухого и отборного леса и по возможности с принятием мер, предохраняющих доски от загнивания. 3) Желателен постепенный переход от досчатых ферм системы Лембке к системам более совершенным.

Техническое Управление Н. К. П. С. 9 марта 1921 г. за № 868 издало следующий приказ:

В виду выяснившегося на практике весьма короткого срока службы деревянных досчатых ферм системы Лембке, обусловливаемого главным образом тем, что конструкция этих ферм благоприятствует быстрому загниванию внутри толщи поясов ферм, и что места таких загниваний трудно обнаружить, Техническое Управление, в соответствии с постановлением XXXII Совещательного С'езда по Службе Пути по вопросу о применении ферм вышеуказанной системы, предлагает:

1) Для капитального восстановления мостов не применять ферм системы Лембке.

2) Для временного восстановления мостов, на срок не более 3-х лет, допускать применение ферм Лембке лишь при условии изготовления этих ферм из соснового сухого отборного леса, с принятием по возможности мер для предохранения их от загнивания и при условии высокой тщательности изготовления ферм.

3) Установленные на дорогах фермы Лембке, изготовленные ранее 1918 года, должны быть заменены в течение настоящего года новыми фермами более совершенных, чем досчатые фермы Лембке, конструкций и по возможности фермами системы Гау.

При невозможности заменить указанные в п. 3 фермы новыми, надлежит принимать временные меры согласно пп. 3 и 5 „Инструкции по содержанию и надзору за деревянными пролетными строениями", опубликованной в „Бюллетене" № 26 от 3 февраля 1921 г.

ГЛАВА X.

ПОД'ЕМ и ПРОГИБ ФЕРМ.

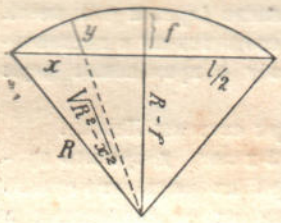
§ 57. Под'ем ферм.

Фермы всегда собираются с под'емом, чтобы они не провисали под действием нагрузки, а также усушки дерева. Кроме того под'емом ферм уменьшается динамический эффект катящихся грузов, так как при прогибе рельсового пути, уложенного без под'ема, развивается центробежная сила, которая увеличивает вертикальную нагрузку ферм.

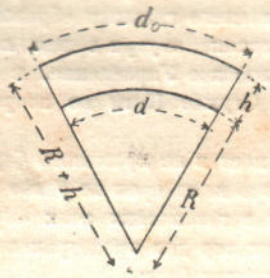
Следует различать действительный и строительный под'ем. Тот под'ем, который назначается для сборки ферм, называется строительным. При установке на опоры, фермы получают остающийся прогиб, вызванный постоянною нагрузкою моста и обжатием врубок в узлах и стыках, отчего уменьшается строительный под'ем ферм. Остающийся после этого под'ем ферм называется действительным. Следовательно, строительный под'ем равен сумме остающегося прогиба и действительного под'ема. Строительный под'ем ферм Гау и Тауна назначается от $^1/_{300}$ до $^1/_{280}$ их пролета. Этот под'ем относится к нижнему поясу по середине пролета; над опорами он равен нулю, а на протяжении пролета он изменяется по дуге круга или параболы.

Геометрическая схема фермы Гау пролетом l и высотою h, имеющей по середине пролета под'ем f, определяется так. Нижний пояс собирается по дуге круга радиусом R со стрелою под'ема f по середине пролета, а верхний пояс—по дуге круга радиусом $R+h$; все тяжи длиною h располагаются радиально, т. е. так, чтобы их оси пересекались в центре обеих окружностей. Радиус R определяется из уравнения (см. фиг. 407):

$$R^2=\frac{l^2}{4}+\left(R-f\right)^2 \text{ откуда } R=\frac{1}{2}\left(\frac{l^2}{4f}+f\right).$$



Фиг. 407.



Фиг. 408.

Ординаты y под'ема нижнего пояса в промежуточных узлах, отстоящих на расстоянии x от ближайшей опоры (фиг. 407), определяются по приблизительной формуле:

$$y=R-\sqrt{R^2-x^2}.$$

Длина всех панелей нижнего пояса принимается $=d$, тогда длину d_0 панелей верхнего пояса можно определить из уравнения (фиг. 408):

$$d_0 : d=\left(R+h\right) : R, \text{ откуда } d_0=\frac{R+h}{R}\,.\,d.$$

Панель верхнего пояса длиннее панели нижнего пояса на

$$\triangle=d_0-d=\frac{h}{R}\,.\,d.$$

Для фермы пролетом 22 м. и высотою $h=4$ м. с 8 панелями по 2,75 м. и под'емом $f=7$ см. верхняя панель длиннее нижней приблизительно на 1,3 см.

В фермах Тауна радиус R кривой под'ема нижнего пояса, а также ординаты y этой кривой в промежуточных узлах пояса, определяются по тем-же формулам, как для ферм Гау.

§ 58. Прогиб ферм.

Под действием нагрузки фермы прогибаются, вследствие упругого изменения длины их элементов. Всякая ферма дает остающийся и временный прогиб.

Временный или упругий прогиб вызывается действием только временной нагрузки и исчезает после удаления этой нагрузки с моста. При испытании моста измеряют временный прогиб для того, чтобы сравнить его с прогибом, который был предварительно расчитан, в предположении той же нагрузки. Во время службы моста измерение временного прогиба производится периодически через определенные сроки.

Остающийся прогиб слагается из двух частей: 1) из того прогиба, который в момент удаления подмостей вызывается действием собственного веса фермы и тех частей, которые находятся на мосту во время удаления подмостей; величина этого прогиба зависит от пролета фермы, а также от собственного веса ферм и проезжей части; к сожалению на практике часто не заботятся об измерении этой части остающегося прогиба; 2) из того прогиба, который вызывается обжатием сопряжений в узлах и стыках фермы при нагрузке поездом. По величине этого прогиба, вызванного обжатием, можно судить о доброкачественности сборки ферм; он получается тем более, чем хуже сборка. Эту часть остающегося прогиба, вызванную обжатием, обыкновенно измеряют при испытании мостов.

В отношении остающегося прогиба от обжатия врубок деревянные фермы отличаются интересною особенностью. По произведенным нами наблюдениям [1]) такой прогиб получается не только при первом нагружении моста паровозом, как в железных фермах, но также при повторных надвижках паровоза до шести раз, причем величина этого прогиба постепенно уменьшается. Вообще можно считать, что деревянные фермы дают остающиеся прогибы при первом, втором и третьем нагружении моста поездом. Однако отсюда не следует, что полный остающийся прогиб от обжатия врубок равен сумме частичных прогибов, измеренных при каждой надвижке поезда. В действительности полный прогиб меньше этой суммы, так как частичные прогибы могут уменьшаться после удаления поезда.

Для прогиба деревянных ферм не установлено никаких предельных норм и конечно нельзя руководствоваться нормами, относящимися к железным фермам. Что касается временного (упругого) прогиба, вызываемого поездом, то в каждом отдельном случае можно определить его величину расчетом; но при неопределенности коэффициента упругости дерева нельзя ожидать хорошего совпадения измеренного прогиба с расчетным. Поэтому для определения расчетного прогиба следует пользоваться возможно простыми ме-

---

[1]) См. статью Е. О. Патона „Малые деревянные мосты упрощенного типа". Известия Киев. Политехн. Института за 1917 г.

тодами. Сквозные фермы можно рассматривать как сплошные, вовсе пренебрегая влиянием стенки, ослабленной пустотами. Прогиб такой разрезной фермы по середине пролета l, сполна нагруженного равномерною нагрузкою k, определяем по известной формуле $f = \frac{5}{384} \cdot \frac{k \cdot l^4}{E \cdot J}$. Момент инерции J можно расчитать по формуле $J = \frac{\omega_1 \cdot \omega_2}{\omega_1 + \omega_2} h^2$ [1]) где ω_1 ω_2 — площади сечения (brutto) верхнего и нижнего пояса, h—высота фермы, считая между центрами тяжести этих поясов. Если J изменяется на протяжении пролета, можно принять среднее значение из моментов инерции, определенных для разных панелей. В случае одинаковых сечений верхнего и нижнего пояса ($\omega_1 = \omega_2 = \omega$), момент инерции $J = \frac{\omega \cdot h^2}{2}$.

Исходя из усилия пояса $\frac{k \cdot l^2}{8 \cdot h}$, получаем напряжение пояса $n = \frac{k \cdot l^2}{8 \cdot h \cdot \omega}$. Эти два выражения вводим в формулу для прогиба, тогда

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{k \cdot l^2}{8 \cdot h \cdot \omega} \cdot \frac{l^2 \cdot 2 \cdot 8 \cdot h \cdot \omega}{E \cdot \omega \cdot h^2} = \frac{5}{24} \cdot \frac{l^2 \cdot n}{E \cdot h}.$$

Принимая коэффициент упругости $E = 110000$ к/см.² и напряжение $n = 80$ к/см.² и вводя поправочный коэффициент $m = 1{,}1$ для ферм Гау, 1,3—для ферм Тауна и 1,2—для ферм Лембке, получаем упрощенную формулу для прогиба, указанную в приказе Н. К. П. С. от 3 февраля 1921 за № 824.

$$f = \frac{1}{65} \cdot \frac{l^2}{h} \cdot m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad A.$$

Подставляя l и h в метрах, получаем f в сантиметрах. В таблице на стр. 223 приведены прогибы, измеренные нами при испытании деревянных ферм разных систем; для сравнения приведены также прогибы, расчитанные по упрощенной формуле (A).

Вес испытательного поезда должен по возможности равняться расчетной нагрузке; за неимением такого поезда, допускается испытание с недогрузкою, но не свыше 20% от расчетной нагрузки. В этом случае результаты измерения должны быть увеличены в отношении изгибающих моментов от расчетной нагрузки и той, которая была при испытании.

При измерении прогиба ферм, уложенных на деревянных опорах, необходимо учитывать осадку опор по одному из следующих способов. 1) Если при измерении прогиба в качестве неподвижной точки служит земля, дно реки, свая или другой предмет, не связанный с пролетным строением, то

---

[1]) Через e_1 e_2 обозначим расстояния от нейтральной оси до центра тяжести верхнего и нижнего пояса; тогда

$$\left.\begin{array}{l} e_1 + e_2 = h \\ \frac{e_1}{e_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \end{array}\right\} \quad e_1 = \frac{h}{1 + \frac{\omega_1}{\omega_2}}; \; e_2 = \frac{1}{1 + \frac{\omega_2}{\omega_1}}$$

$$J = \omega_1 \cdot e_1^2 + \omega_2 \cdot e_2^2 = \frac{\omega_1 \cdot h^2}{\left(1 + \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2} + \frac{\omega_2 \cdot h^2}{\left(1 + \frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2} = \frac{\omega_1 \cdot \omega_2}{\omega_1 + \omega_2} \cdot h^2.$$

СИСТЕМА ФЕРМ.	Название реки.	Расчетный пролет l мет.	Относител. высота ферм h/l.	Число испытанных ферм.	Измеренный прогиб в середине пролета относительный. Остающийся f_0/l min.	max.	средний	Упругий от поезда f/l min.	max.	средний	Упругий прогиб расчитанный по формуле (A) f/l.
Ригельно-подкосная (фиг. 243).	Днепр прав.	9,0	$^1/_5$	4	$^1/_{4500}$	$^1/_{1000}$	$^1/_{1200}$	$^1/_{1125}$	$^1/_{818}$	$^1/_{950}$	$^1/_{1180}$
	„ лев.	9,0	$^1/_5$	72	0	$^1/_{750}$	$^1/_{1282}$	$^1/_{900}$	$^1/_{500}$	$^1/_{691}$	$^1/_{1180}$
Двухподкосная (фиг. 120).	Ю. Буг	12,8	$^1/_{1,5}$	18	$^1/_{12800}$	$^1/_{914}$		$^1/_{2560}$	$^1/_{536}$		—
	Ингул	12,8	$^1/_{1,5}$	12	$^1/_{6400}$	$^1/_{1420}$		$^1/_{2560}$	$^1/_{751}$		—
Раскосная досчатая (фиг. 385).	Днепр праз.	12,0	$^1/_{4,8}$	72	0	$^1/_{1500}$	$^1/_{4000}$	$^1/_{1500}$	$^1/_{922}$	$^1/_{1200}$	$^1/_{1230}$
	„ лев.	12,0	$^1/_{4,8}$	105	$^1/_{12000}$	$^1/_{1090}$	$^1/_{3000}$	$^1/_{2000}$	$^1/_{859}$	$^1/_{1330}$	$^1/_{1230}$
Лембке.	Ю. Буг	22,4	$^1/_{8,1}$	6	$^1/_{2240}$	$^1/_{1320}$		$^1/_{860}$	$^1/_{620}$		$^1/_{670}$
	Ингул	22,4	$^1/_{8,1}$	6	$^1/_{2210}$	$^1/_{1390}$		$^1/_{715}$	$^1/_{654}$		$^1/_{670}$
	Днепр прав.	24,5	$^1/_{7,7}$	6	$^1/_{12250}$	$^1/_{3500}$	$^1/_{5110}$	$^1/_{1410}$	$^1/_{880}$	$^1/_{1060}$	$^1/_{700}$
	„ лев.	24,5	$^1/_{7,7}$	12	$^1/_{12250}$	$^1/_{1530}$	$^1/_{2720}$	$^1/_{1360}$	$^1/_{820}$	$^1/_{1020}$	$^1/_{700}$
	Бирюса	20,4	$^1/_{7,3}$	8	$^1/_{10000}$	$^1/_{1430}$	$^1/_{2500}$	$^1/_{870}$	$^1/_{610}$	$^1/_{715}$	$^1/_{744}$
	Березина	22,6	$^1/_{7,4}$	9	$^1/_{11300}$	$^1/_{1810}$	$^1/_{4200}$	$^1/_{1170}$	$^1/_{920}$	$^1/_{1030}$	$^1/_{730}$
Гау.	Веребья	61	$^1/_{9,5}$	—	—	—	—	—	—	$^1/_{3200}$	$^1/_{628}$
	—	42	$^1/_{12,7}$	2	—	—	$^1/_{1600}$	—	—	$^1/_{800}$	$^1/_{465}$

прогиб ферм измеряют не только по середине пролета (назовем его f_2); но еще в двух точках, расположенных около опор. Эти прогибы обозначим через f_1 и f_3. Измерив эти 3 прогиба f_1 f_2 f_3, можем расчитать чистый прогиб f в середине пролета по формуле

$$f = f_2 - {}^1/_2\,(f_1 + f_3).$$

2) Если желательно непосредственно измерить чистый прогиб фермы, создают неподвижную точку при помощи проволки или стального каната, натянутого под фермою и прикрепленного к ее концам. При осадке опор канат опускается. Измеряя прогибы ферм по отношению к этому канату, мы автоматически выключаем влияние осадки опор. Этот способ применен нами при испытании многочисленных ферм деревянной эстакады Подольского моста через Днепр у Киева [1]).

Испытанию ферм на прогиб обыкновенно придают преувеличенное значение, считая, что результаты этого испытания служат надежным показателем прочности ферм. Ошибочность этого мнения усматривается из следующих двух примеров. 1) Один из элементов фермы имеет недостаточное сечение; это обстоятельство может не оказать заметного влияния на прогиб фермы, и изменив его, мы не обнаружим угрожающего положения фермы. 2) Почти все элементы фермы имеют сечения, подобранные с большим запасом, а для остальных двух или трех элементов сечения подобраны

[1]) См. ст. Е. О. Патона „Малые деревян. мосты упрощенного типа“ в Известиях Киев. Полит. Инст. за 1917 год.

в обрез; прогиб такой фермы может оказаться небольшим; несмотря на это ферма будет слабее, чем ферма, дающая большой прогиб, но в которой все элементы напряжены равномерно.

При современном состоянии мостового строительства исключена возможность крушения мостов во время испытания; поэтому цель испытания на прогиб не может заключаться в установлении факта, что фермы выдерживают ту нагрузку, на которую они расчитаны. Испытание должно служить главным образом для выяснения доброкачественности сборки стыковых и узловых соединений, о чем можно судить по величине остающегося прогиба. Поэтому при испытании главное внимание должно быть обращено на измерение остающегося прогиба, что же касается временного прогиба, то его измерение имеет мало практического значения. На практике обыкновенно поступают как раз наоборот: главное внимание уделяют измерению временного прогиба, а измерению остающегося прогиба, представляющему более трудную задачу, придают второстепенное значение.

Правила испытания деревянных мостовых ферм, согласно приказу Н. К. П. С. от 3 февраля 1921 г. за № 824.

1. При приемке мостов и периодических испытаниях деревянных ферм мостов, для суждения об удовлетворительности их состояния, надлежит производить нивеллировку по узлам поясов ферм и измерения их прогибов под временной нагрузкой.

2. Нивеллировку надлежит производить до и после испытания нагрузкой по всем узлам ферм по особым меткам, набитым на пояса ферм, с постоянных реперов; по сравнению этих нивеллировок и по виду кривых поясов, надлежит судить о состоянии ферм, образовавшихся просадках ферм, необходимости их подтяжки и об изменении их состояния.

3. Измерения прогибов должны производиться под нагрузкой, равной расчетной (для мостов последних построек, начиная с 1918 года паровоз Декапод. 1—5—0 с американскими полуваговами); при отсутствии таковой допускается испытание с недогрузкой не свыше 20% от расчетной, и результаты измерения прогибов должны быть изменены в отношении изгибающих моментов от бывшей при испытании нагрузки и расчетной.

4. Допускаемые упругие прогибы для деревянных ферм от расчетной нагрузки определяются по формуле: $f = {}^1/_{65}\,\frac{l^2}{h}\,m$, где f—прогиб в средине пролета в сантиметрах, l—расчетный пролет в метрах, h—конструктивная высота в метрах, коэффициент m равен: для ферм Гау 1,10, для Тауна—1,30, для ферм Лембке—1,20.

Формула эта получается из теоретической формулы: $f = {}^5/_{24}\,\frac{n}{E}\,\frac{l^2}{h}$, при принятии модуля упругости: для дерева $E = 110000\ \frac{кл}{см^2}$ и напряжении $n = 80\ \frac{кл}{см^2}$:

Примечание: Коэффициент m является поправочным в виду того, что принятая формула соответствует балке сплошного постоянного сечения, что не вполне имеет место в фермах Гау, Тауна и Лембке.

5. Деревянные фермы должны иметь строительный под'ем в пределах ${}^1/_{300}$—${}^1/_{350}$ от пролета, а сумма остаточных прогибов, возникающих по снятии подмостей и по проезде первой подвижной нагрузки и упругих прогибов от расчетной нагрузки, не должна превышать вышеуказанного строительного под'ема.

6. Обнаруженные остаточные прогибы при периодических испытаниях требуют тщательной проверки того, что эти прогибы, действительно, являются остаточными, что может быть произведено нивеллировкой спустя довольно продолжительный период времени после схода временной испытательной нагрузки (часа $1^1/_2$—2), при условии отсутствия прохода за этот промежуток времени какой-либо нагрузки. Наличность таких прогибов характеризует неудовлетворительность состояния моста и требует установления за ним весьма бдительного наблюдения.

7. Производить периодическое испытание деревянных ферм расчетной нагрузкой не менее одного раза в два года, и кроме того всякий раз, когда наружный осмотр или нивеллировка поясов ферм укажет на существование остаточных прогибов, превышающих предел, указанный в п.п. 4 и 5, и в других случаях, когда по состоянию пролетных строений местными техническими агентами будет признано необходимым произвести испытание.

8. Независимо от указанных периодических испытаний, для суждения о величине имеющихся остаточных прогибов, надлежит производить нивеллировки поясов ферм, согласно п. 2, не менее трех раз в год (в конце весны, в средине лета и в средине зимы), и полученные нивеллировки должны заноситься в мостовые книги и сравниваться с ближайшими пред'идущими нивеллировками, в целях выяснения, соответствуют-ли остаточные прогибы по узлам ферм допускаемым в п.п. 4 и 5 величинам.

9. При испытании деревянных ферм, кроме тщательного наружного их осмотра, надлежит производить также обследование внутреннего состояния материала, путем взятия проб дерева буравом в наиболее ответственных местах элементов ферм. Особо тщательному освидетельствованию подлежат досчатые фермы, в частности фермы системы Лембке, при освидетельствовании которых необходимо убедиться в доброкачественности материала внутренних досчатых рядов верхнего и нижнего пояса, как в местах особо благоприятных для загнивания дерева.

10. При производстве испытания пролетного строения промежуточные шпальные опоры, служившие для надвижки ферм, надлежит оставлять на месте, оставляя лишь небольшой зазор, не более 15 сантиметров, между нижним поясом фермы и верхней постелью опоры.

11. В случаях, когда по данным испытания состояние пролетного строения окажется сомнительного качества, а также во всех случаях установок ферм Лембке старых заготовок, надлежит подводить промежуточную опору для сокращения пролета ферм и одновременно с этим заботиться о замене пролетного строения.

ГЛАВА XI.

СВЯЗИ МЕЖДУ ФЕРМАМИ.

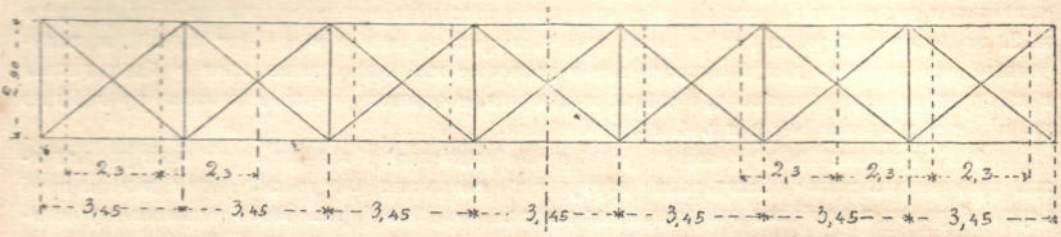
Смотря по расположению связей и по направлению, в котором они передают нагрузку, различают продольные и поперечные связи. Продольные связи передают горизонтальную нагрузку вдоль моста, а поперечные связи передают эту нагрузку сверху вниз или снизу вверх, т. е. поперек моста. Для того, чтобы пролетное строение было жестким вдоль и поперек моста, достаточно иметь одну систему продольных связей (верхние или нижние) и с нею связать узлы ферм при помощи поперечных связей. Лучше применять две системы продольных связей (верхние и нижние), устраивая над опорами опорные рамы.

§ 59. Продольные связи между фермами.

Продольные связи имеют целью обеспечить жесткость пролетного строения в горизонтальной плоскости; они устраиваются в плоскости поясов ферм и представляют горизонтальную сквозную ферму, поясами которой служат пояса ферм. Решетку связей делают, чаще всего, с перекрестными диагоналями в каждой панели (фиг. 409); хотя можно с успехом применять двухрешетчатую (фиг. 411) или ромбическую систему (фиг. 410). Связи с распорками и перекрестными диагоналями обыкновенно расчитываются в том предположении, что одна система диагоналей напряжена при одном направлении ветра, а другие диагонали—при обратном ветре. Чаще всего связи

устраиваются со сжатыми диагоналями и растянутыми распорками (стяжками).

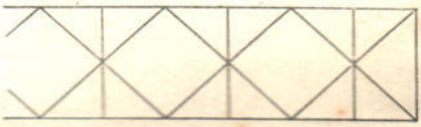
Панели продольных связей обыкновенно не совпадают с панелями ферм; в большинстве случаев панель связей делают больше панели ферм. Узлы связей могут совпадать или не совпадать с узлами ферм. При совпадении



Фиг. 409.

узлов получается большое ослабление поясов от врубок и дыр. Хорошо помещать узлы связей в тех местах, где между брусьями поясов имеются прокладки, напр., в четвертях панели. При этом панель связей может быть равна одной, полутора или двум панелям фермы. Пример разбивки связей с полуторными панелями показан на фиг. 409, где сплошными линиями изображены связи, а пунктиром—панели ферм пролетом 23 м. На фиг. 375 нижние связи разбиты с таким расчетом, чтобы их расчетный пролет равнялся расчетному пролету ферм, но панелей было меньше, а именно,

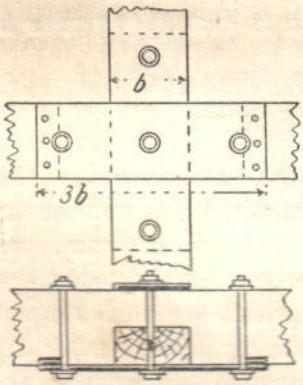
Фиг. 410.



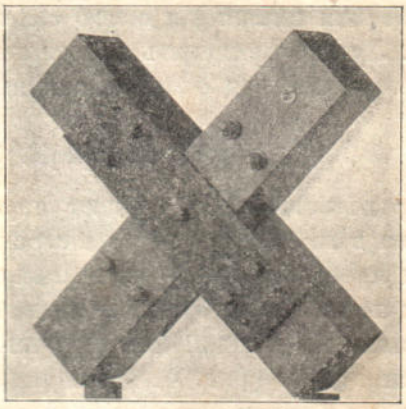
Фиг. 411.

9 панелей, причем фермы имеют 10 панелей. Такую разбивку нельзя считать удачною, так как подушки связей приходятся в различных местах панелей и нарушается однообразие конструкции.

Диагонали связей делаются из брусьев или досок. При брусчатом сечении, обе перекрещивающиеся диагонали располагаются, либо в одной



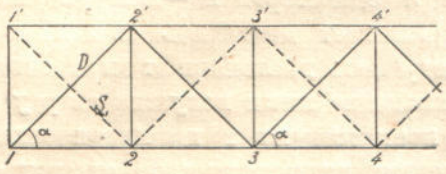
Фиг. 412.



Фиг. 413.

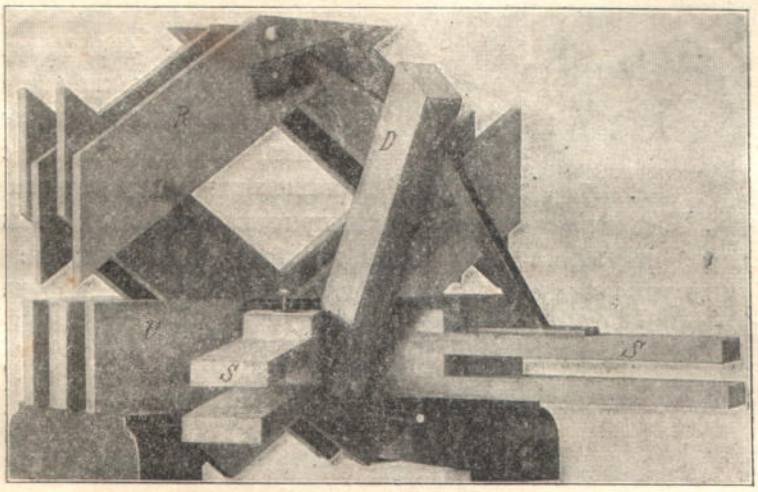
плоскости, либо одна диагональ проходит над другою без врубки. В месте

пересечения диагоналей, расположенных в одной плоскости, приходится врубать их в полдерева, т. е. сильно ослаблять диагонали. Чтобы возместить потерю сечения, применяют деревянные или железные накладки, по одной на каждый брус. Железные накладки (фиг. 412 и 413) надо снабжать железными шпонками, которые приклепываются к накладке и врезываются в раскос; кроме того каждая накладка скрепляется несколькими болтами. В случае расположения диагоналей одна над другою, можно поступать двояко (фиг. 414): 1) все восходящие диагонали 1 2′, 2 3′, 3 4′ и т. д. располагаются в одной плоскости, а нисходящие 1′ 2, 2′ 3, 3′ 4 и т. д. в другой плоскости; при этом в узлах получается большая внецентренность; 2) центрировка улучшается, если в одной плоскости расположить диагонали, вычерченные на фиг. 414



Фиг. 414.

Фиг. 415.



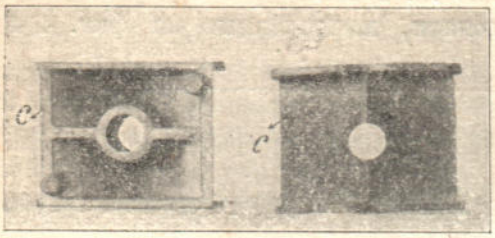
Фиг. 416.

сплошными линиями, а пунктирные диагонали—в другой плоскости. При этом является возможность для всех диагоналей применить одинаковые подушки несимметричного типа (фиг. 420), поворачивая их вокруг болта, то вверх, то вниз.

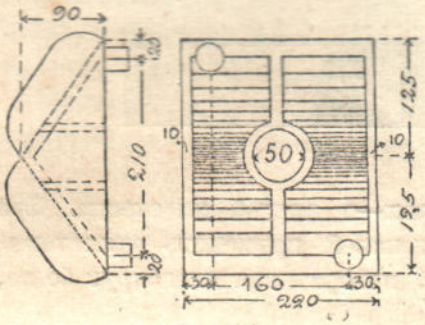
Досчатые диагонали устраиваются из двух досок с зазором, равным толщине одной доски (фиг. 415). При этом избегается ослабление диагоналей в месте их взаимного пересечения; внецентренность получается меньше, чем при брусьях, пересекающихся без врубки. Чтобы увеличить площадь торца, который передает давление поясу, зазор между досками заполняют прокладкою. Иногда эту досчатую прокладку продолжают по всей длине диагонали, но лучше применять короткие прокладки у торцов (пунктир на фиг. 415). Чтобы подушки для прикрепления диагоналей к поясам были одинаковы во всех узлах, концы диагоналей снабжают кусками досок также и снаружи, а именно: у диагонали I снизу, а у диагонали

II—сверху; подушка же делается с гнездом для четырех досок (см. диагонали *S* на фиг. 416).

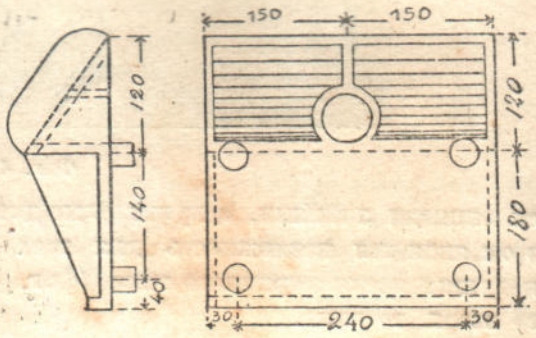
Прикрепление диагоналей к поясам. А. При железных стяжках, диагонали прикрепляются к поясам посредством подушки или же путем непосредственной врубки в пояса. Подушки применяются деревянные, чугунные и железные. Формы деревянных подушек такие же, как для ферм (фиг. 349). Чугунные подушки бывают двусторонние — для промежуточных узлов (фиг. 417 и 418) и односторонние—для опорных узлов (фиг. 419), где с одной стороны примыкает диагональ связей, а с другой—брусчатая распорка. Чтобы предохранить диагонали от выпадения, сделаны горизонтальные полки, ограничивающие щеки подушки сверху и снизу; сдвигу самой подушки по поясу препятствуют 2 цилиндрических шипа. Для пропуска железного тяжа имеется цилиндрическое отверстие. Такая же несимметричная подушка представлена на фиг. 420. Она отличается от симметричной тем, что отверстие для тяжа не совпадает с серединою. Эта подушка спроектирована для расположения связей согласно фиг. 414. Поворачивая подушку вокруг тяжа вверх или вниз, можно ею пользоваться во всех узлах, если диагонали связей расположены в одном узле ниже, а в другом выше. Железные подушки применяются сравнительно редко. Их склепывают из листа и уголков потайными заклепками. Железные подушки для прикрепления не только продольных, но и поперечных связей, будут описаны ниже (см. фиг. 431).



Фиг. 417.



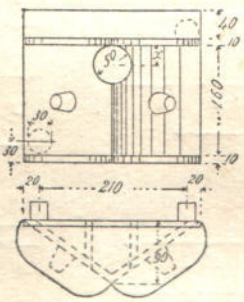
Фиг 418.



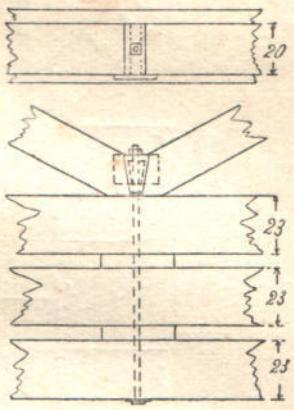
Фиг. 419.

Непосредственное примыкание диагоналей к поясу чаще всего делают одиночным зубом, причем концы обеих диагоналей могут иметь одно из следующих положений: 1) они не соприкасаются, 2) они прикасаются торцами, 3) они пересекаются. В последнем случае их врубают взаимно. На фиг. 421 представлен случай, когда концы диагоналей не пересекаются между собою; они не врублены в пояс, и непосредственно передают ему давление. Плотность соединения достигается подтягиванием чугунного полого клина, надетого на горизонтальный болт. Снизу клин имеет полку для поддержания диагоналей.

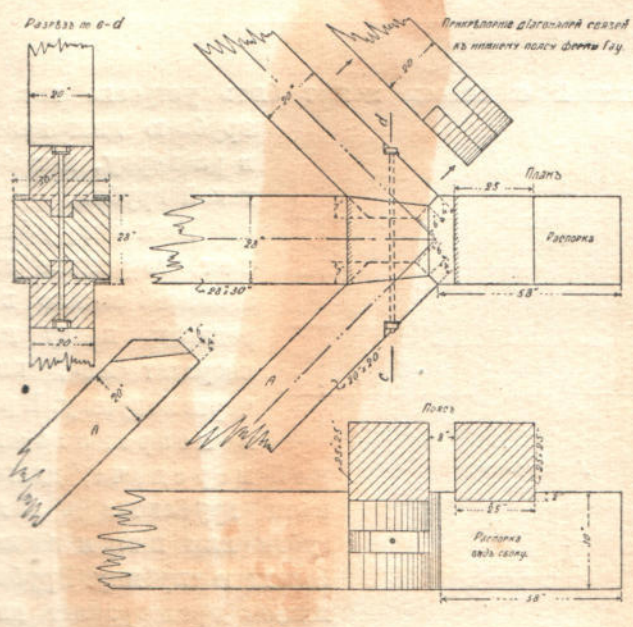
В. При деревянных распорках, расположенных в одной плоскости с диагоналями, сжимающие усилия диагоналей передаются исключительно распорке, в которую они врублены, и через нее—поясу. Простейшая врубка диагоналей в распорку—это врубка зубом с применением горизонтального болта. Один болт слабо поддерживает концы диагоналей, поэтому пользуются врубкою зубом с шипом. Однако при этом распорка сильно ослабляется. Детальный чертеж сопряжения при врубке зубом с шипом представляет фиг. 422, причем высота диагоналей показана меньше высоты распорки, что не обязательно. Если диагонали имеют одинаковую высоту с распоркою, врубки остаются те же. Можно получить сопряжение гораздо более простое и с меньшим ослаблением распорки в том случае, когда диагонали имеют меньшую высоту, чем распорка. Такая врубка показана на фиг. 423, изображающей узел нижнего пояса фермы Гау. Диагонали A и A_1 врублены в распорку B на полную свою высоту 20 см. Высота распорки составляет 28 см., и внизу распорка не прорублена на высоте 5 см.; благодаря этому образуются треугольные площадки, поддерживающие концы диагоналей. Относительно прикрепления распорок к поясам необходимо иметь в виду следующее важное обстоятельство. Мы считаем, что из двух сходящихся на распорке диагоналей только одна передает сжимающее усилие, другая в это время не работает, а распорка растянута. При этом предположении, равнодействующая усилий диагонали и распорки, передающаяся поясу через распорку, направлена вдоль пояса и уравновешивается разностью усилий пояса в смежных панелях. Очевидно, что распорка должна быть врублена в пояс так, чтобы невозможен был сдвиг распорки вдоль пояса. Этому требованию не всегда удовлетворяют существующие устройства, напр., узел, представленный на фиг. 422.



Фиг. 420.



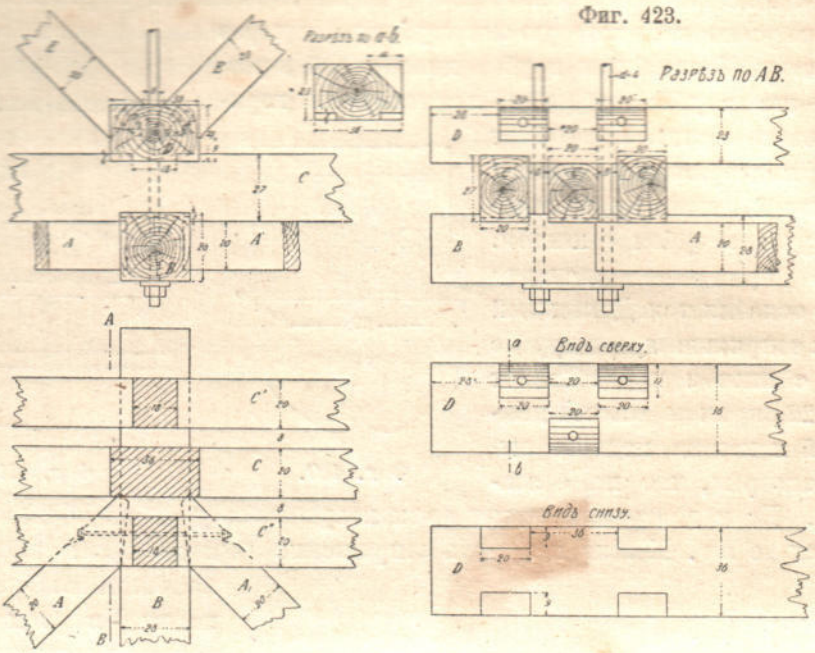
Фиг. 421.



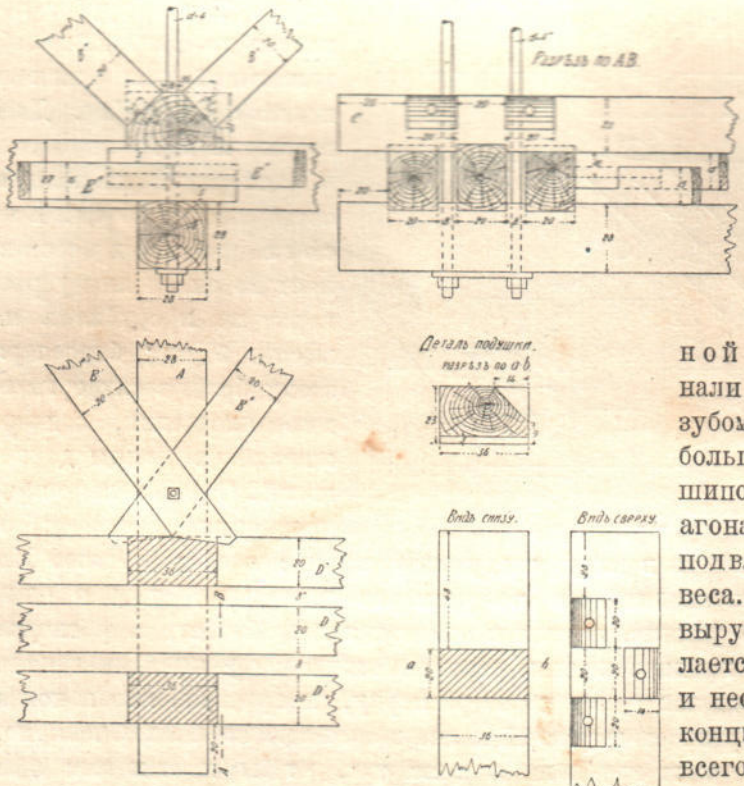
Фиг. 422.

С. При деревянных распорках, расположенных под

Фиг. 423.



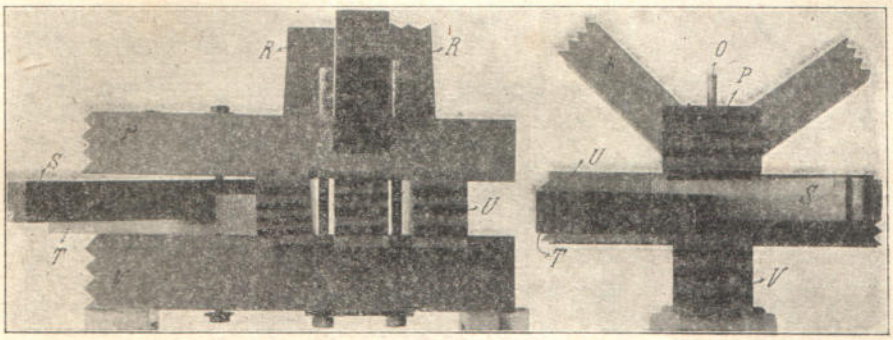
диагоналями, соединение связей с поясом может быть устроено или с врубкою диагоналей в распорку, или без такой врубки.



Если врубки нет, то усилия диагоналей можно передавать поясу непосредственно, или через подушку. При непосредственной передаче, диагонали врубаются в пояс зубом или шипом на небольшую глубину. Врубка шипом предохраняет диагонали от выпадения под влиянием собственного веса. При врубке зубом, вырубка в брусе пояса делается на полную высоту, и необходимо поддержать концы диагоналей. Лучше всего для этой цели воспользоваться распоркою, укладывая ее под пересекающиеся концы диагоналей. Если диагонали расположены в одной

Фиг. 424.

плоскости, то концы их врубаются взаимно в полдерева; в противном случае врубка делается на меньшую глубину или же совсем не делается. В примере на фиг. 424 и 425 диагонали E' и E'' врублены взаимно, каждая

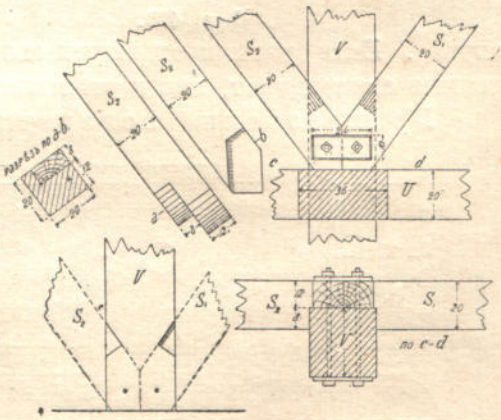


Фиг. 425.

на $^1/_3$ высоты, причем торцы их сохраняют полную высоту и врублены целиком в пояс; в распорку A диагонали не врублены, но скреплены с нею общим вертикальным болтом. Распорка A врублена с брусьями D пояса неполною взаимною врубкою (по типу фиг. 26), так что усилию распорки сопротивляются три прямоугольника. Конец распорки выпущен за пояс на длину (20 см.), вполне обеспечивающую прочность на скалывание. На фиг. 113 представлено примыкание диагоналей из толстых досок, пересекающихся без врубки и врубленных в пояс полною площадью их торца. Диагонали уложены на распорку и скреплены с нею вертикальным болтом. Усилие распорки передается поясу посредством сквозной вырубки, сделанной в распорке.

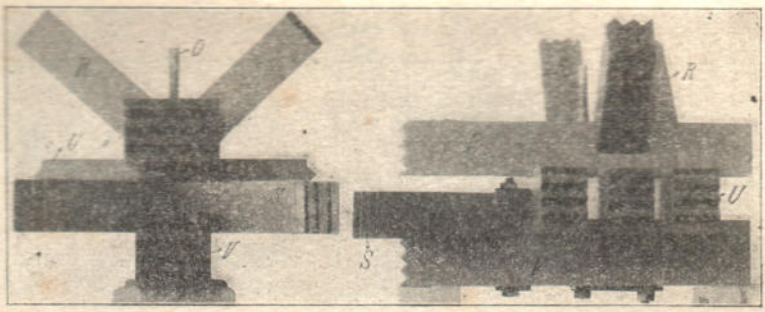
Сопряжение диагоналей посредством подушки применяется в тех случаях, когда нельзя ослаблять пояс врубками. Подушка укладывается на распорку и притягивается к поясу болтами.

Если врубка диагоналей в распорку недостаточна для передачи усилия диагоналей, то часть усилия можно передать поясу через торцы диагоналей. Пример сопряжения, при котором диагонали S передают усилия частью распорке V и частью поясу U, представлен на фиг. 426 и 427. В распорке V, на высоту 8 см., сделаны вырубки в виде прямоугольных треугольников так, чтобы один катет был перпендикулярен к оси раскоса. Нижние части диагоналей вырублены на высоту 8 см. с остатком, соответствующим треугольной вырубке в распорке; верхние же части уложены на верх распорки и упираются торцом друг в друга и в пояс. Концы обоих



Фиг. 426.

диагоналей перекрыты сверху железною накладкою и приболчены к распорке.

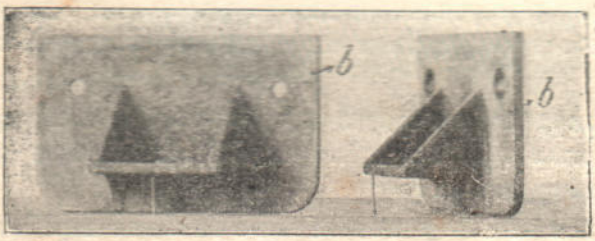


Фиг. 427.

§ 60. Поперечные связи между фермами.

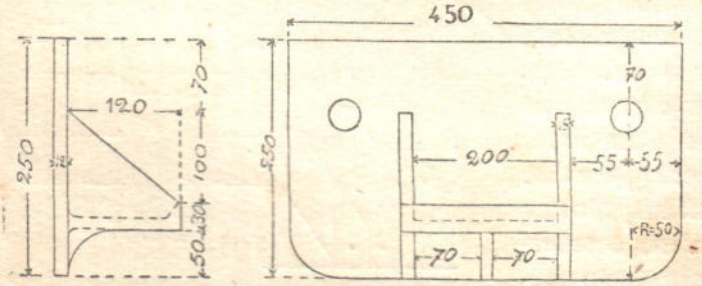
Поперечные связи устраиваются с целью обеспечить неизменяемость поперечных сечений пролетного строения. Связи, устроенные на опорах, называются опорными рамами, в отличие от пролетных поперечных связей, находящихся в пролете. Пролетные связи размещаются на взаимном расстоянии от 4 до 6 мет. Система и устройство поперечных связей зависят от расположения проезжей части по верху или по низу ферм.

I. Поперечные связи мостов с ездою по верху. Пролетные поперечные связи, в большинстве случаев, представляют крест из двух диагоналей, расположенных в вертикальной плоскости. Такие связи располагаются в узлах ферм, или в узлах продольных связей. Стяжками поперечных связей служат вертикальные тяжи ферм в первом случае, или горизонтальные стяжки продольных связей—во втором случае. Если узлы продольных связей совпадают с узлами ферм, поперечные связи имеют, как вертикальные, так и горизонтальные стяжки.



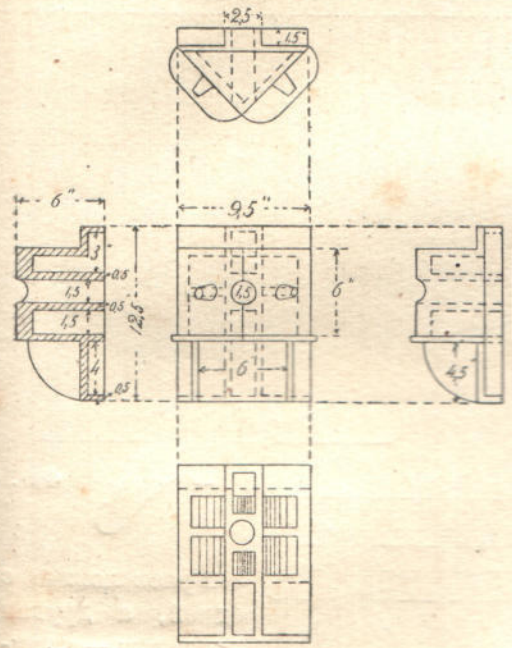
Фиг. 428.

Прикрепление поперечных связей к фермам бывает непосредственное или при помощи подушек. Устройство подушек зависит от того, назначаются ли они для прикрепления только поперечных связей, или одновременно поперечных и продольных связей. Подушки бывают деревянные, чугунные и железные. Чугунная подушка для

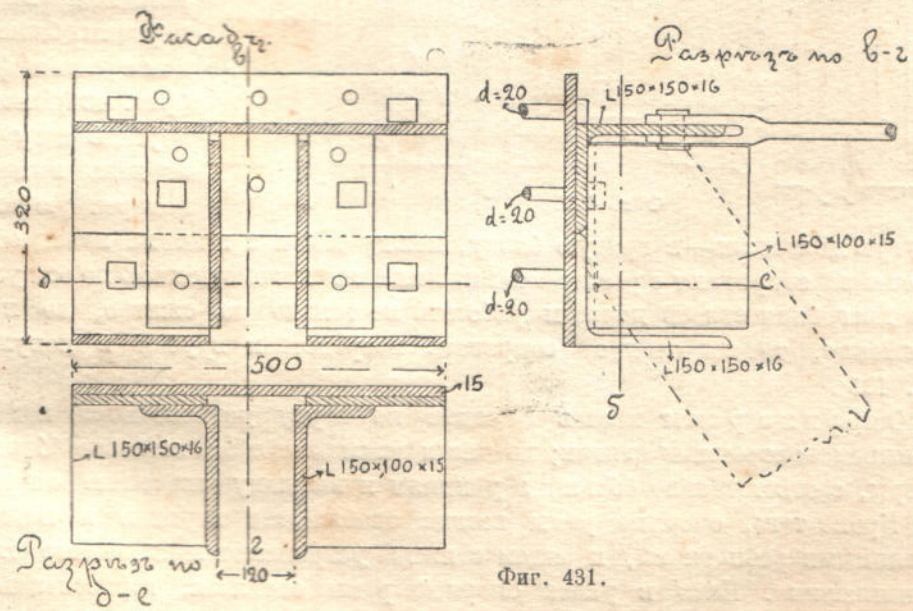


Фиг. 429.

прикрепления диагоналей поперечных связей к поясу фермы изображена на фиг. 428 и 429. Она состоит из вертикальной плиты, которая двумя горизонтальными болтами прикрепляется к поясу фермы, и из коробки для помещения конца диагонали. Эта подушка b со вложенным в нее концом диагонали S изображена на фиг. 367 до 369 прикрепленною к поясу U. На фиг. 430 показана чугунная подушка для прикрепления двух диагоналей верхних продольных связей, одной диагонали поперечных связей и одного горизонтального тяжа, для которого имеется круглое отверстие. Обе диагонали горизонтальных связей упираются торцом в две вертикальные щеки подушки и удерживаются от падения двумя горизонтальными полками, под которыми устроено гнездо для диагонали поперечных связей. Железные подушки для прикрепления, как продольных, так и поперечных связей, изображены на фиг. 431 и 432, причем первая относится к верхним, а вторая—к нижним связям. Узел фермы Таупа с такою подушкою показан на фиг. 416. Подушка состоит из вертикального листа 320.500 мм., к которому приклепаны два горизонтальных уголка 150 . 150 . 16 мм. Горизонтальная полка одного из этих уголков прорезана для



Фиг. 430.

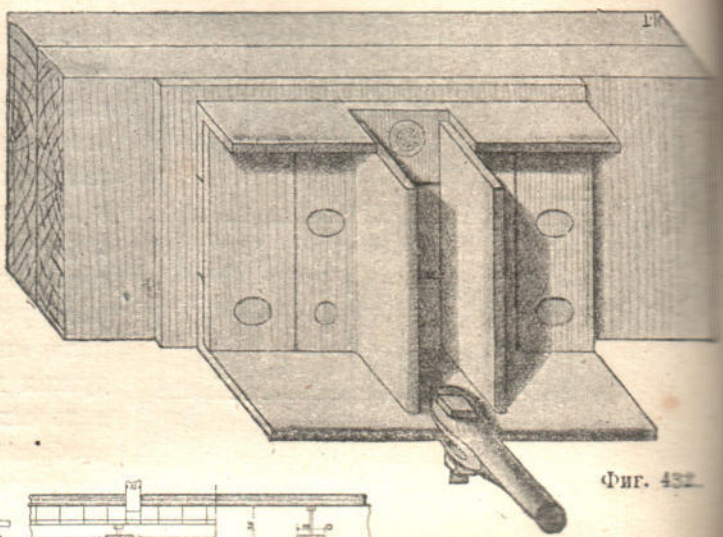


Фиг. 431.

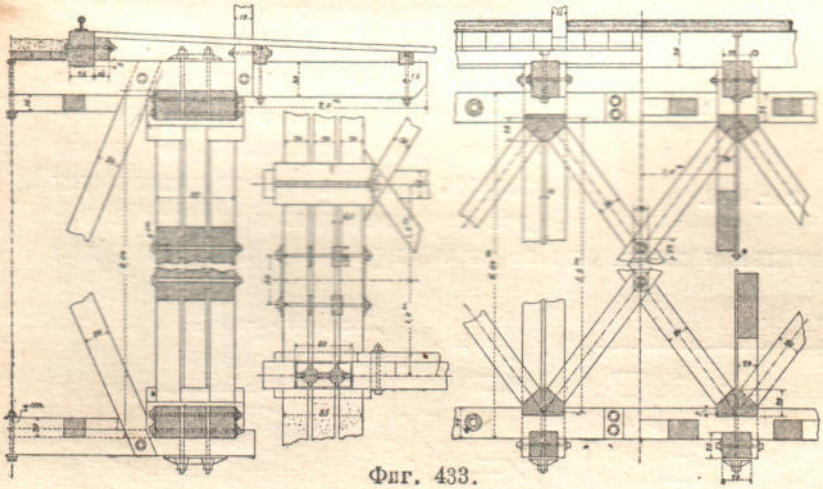
пропуска диагонали поперечных связей, которая зажата между двумя

вертикальными уголками. (см. пунктир на фиг. 431). Все 4 уголка приклепаны к листу потайными заклепками. Подушка прикрепляется к поясу горизонтальными болтами, без врубок, а потому мало ослабляет сечение пояса.

Не прибегая к подушкам, диагонали поперечных связей можно непосредственно прикреплять к стойкам ферм, к распоркам продольных связей, или к поперечным балкам. Прикрепление диагоналей к стойкам всегда применяется в мостах с фермами Лембке. На фиг. 433 показан случай, когда диагонали поперечных связей прикреплены верхним концом к поперечным балкам, расположенным в узлах ферм, а нижним концом—к особым распоркам, причем одна диагональ каждого креста связей расположена с одной, а другая диагональ—с другой стороны поперечных балок. При расположении поперечных балок рядом с узлами ферм (фиг. 434), можно врубать одну диагональ в левую поперечную балку, а другую диагональ—в правую балку, между тем как нижний конец обеих диагоналей сопрягают с распоркою нижних связей, помещенною по оси узла. Если диагонали связей должны работать не только на сжатие, но и на растяжение, то их следует сопрягать посредством врубки в полулапу (фиг. 435).



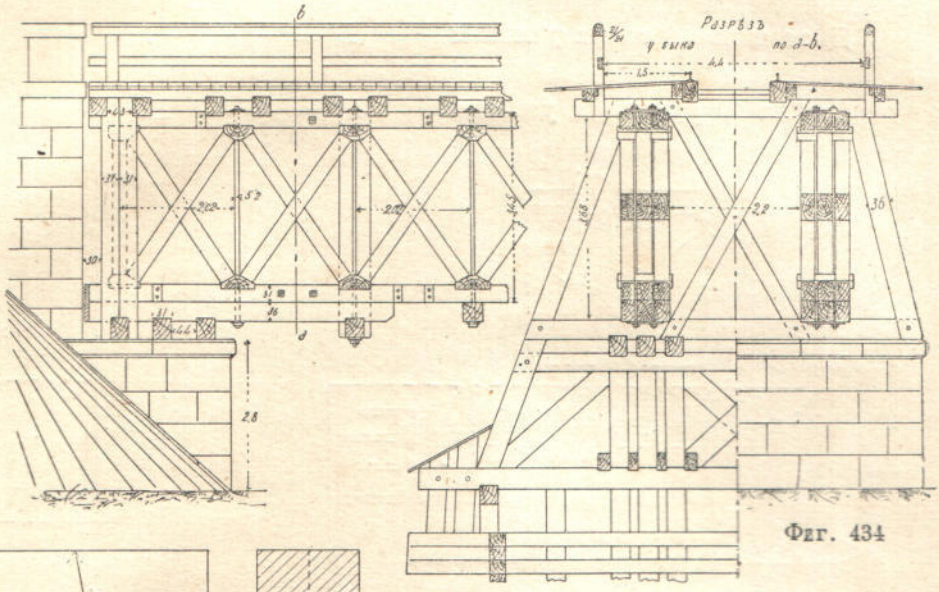
Фиг. 432.



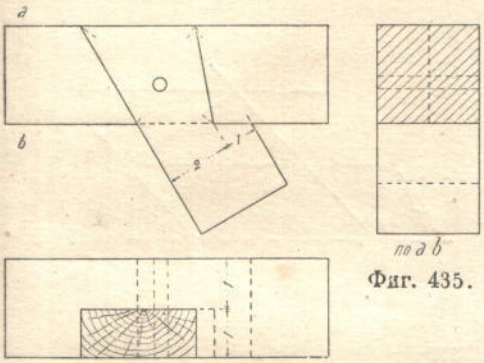
Фиг. 433.

Опорные рамы мостов с ездою по верху устраиваются подобно пролетным поперечным связям; но части рамы имеют значительно бо́льшие размеры, соответственно бо́льшим усилиям и важному значению опорных рам. Кроме того, опорные рамы всегда снабжаются верхнею и нижнею деревянными распорками, и рядом с ними устраиваются железные тяжи для натяжения. Если в узлах опорной рамы сходятся: горизонтальная диагональ продольных связей, вертикальная диагональ рамы, деревянная

горизонтальная распорка и железный горизонтальный тяж, то для сопряжения всех этих частей с поясом, лучше всего, пользоваться чугунною



Фиг. 434



Фиг. 435.

подушкою по типу фиг. 436, относящеюся к верхним узлам и фиг. 437, относящеюся к нижним узлам. Каждая из этих подушек имеет круглое отверстие для горизонтального тяжа, щеку с горизонтальною нижнею полкою для диагонали продольных связей, рядом с этою щекою—гнездо для деревянной горизонтальной распорки и, наконец, гнездо для диагонали опорной рамы.

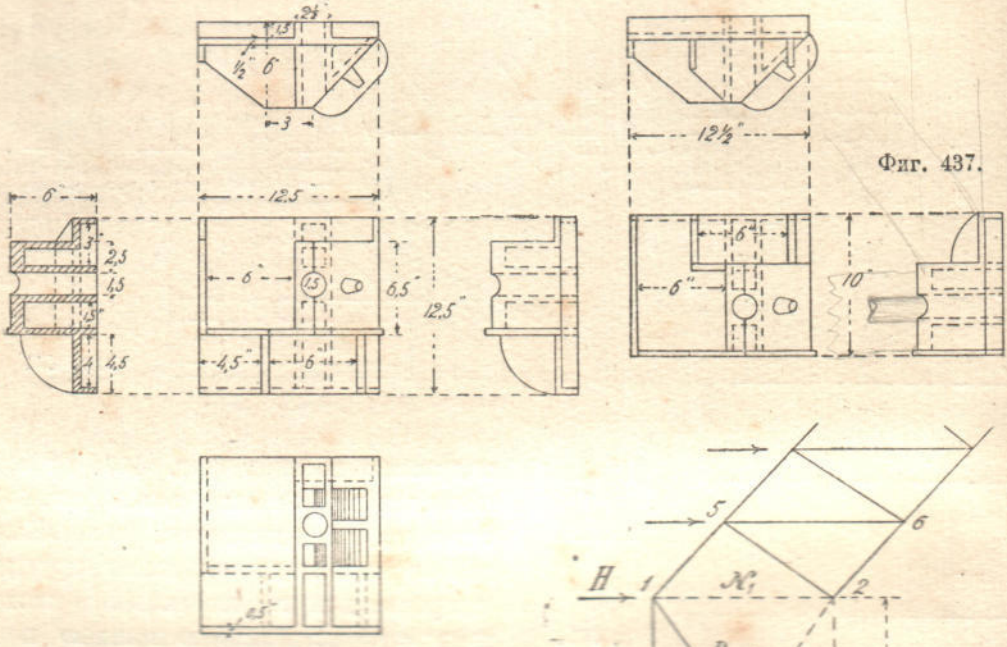
Иногда опорные рамы усиливаются наружными подкосами. Верхний конец подкосов врубают в поперечные балки (см. фиг. 434) или отчасти в пояс; лучше всего, подкосы врубать в специальные опорные стойки. На устоях нижний конец подкосов упирают в мауерлат (правая часть фиг. 434), а на быке—в откосные сваи (левая часть фиг. 434).

Опорную раму расчитывают на давление H ветра, приходящееся на половину пролета верхних связей и приложенное в верхнем узле рамы. Предполагается, что диагонали рамы способны воспринимать только сжимающие усилия, т. е., что при одном направлении ветра работает одна диагональ, а при обратном направлении—другая диагональ. Предположим, что верхние связи моста устроены так, что их диагонали могут работать только на сжатие; тогда при действии ветра слева напряжены те диагонали, которые на фиг. 438 вычерчены сплошными линиями и верхние связи передают всю свою нагрузку правому узлу 2 опорной рамы. Верхняя распорка 1 2 должна передать эту нагрузку левому узлу 1, испытывая растягивающее усилие $N_1 = H$. Нижняя распорка растянута усилием $N_2 = {}^1/_2\ H$, если допустить, что обе опоры воспринимают давление ветра

в равной степени. Если же принять закрепленною только одну опору, то усилие нижней распорки $N_2 = + H$.

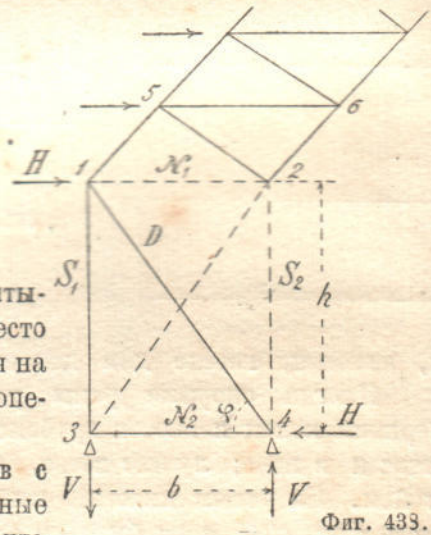
Диагональ 14 сжата усилием $$D = -\frac{H}{\cos\varphi}.$$

Стойка 13 растянута усилием $$S_1 = +\frac{h}{b}.H.$$



Фиг. 437.

Фиг. 436.



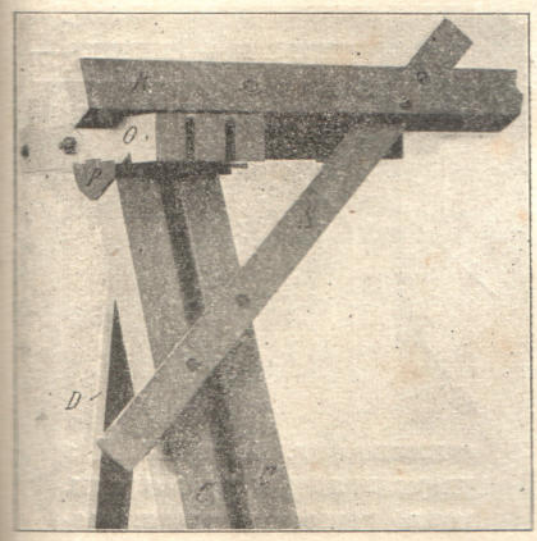
Фиг. 438.

Пролетные поперечные связи расчитываются по тем же формулам, причем вместо H берут ветровую нагрузку, приходящуюся на участок фермы между двумя смежными поперечными связями.

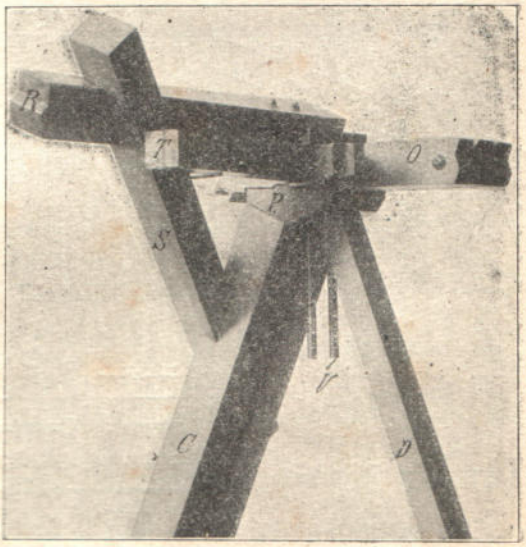
II. Поперечные связи закрытых мостов с ездою по низу. В таких мостах поперечные связи можно помещать только выше габарита и поэтому их устройство зависит от высоты ферм. Если высота ферм значительная и выше габарита имеется достаточно места, устраивают там поперечные связи в виде креста. В мостах небольшой высоты, поперечная жесткость достигается устройством жестких рам, углы которых закрепляются при помощи подкосов.

1. Закрепление верхних углов рам при помощи угловых подкосов. Если фермы имеют деревянные стойки, то угловые подкосы располагаются в вертикальной плоскости и прикрепляются к стойкам ферм и к распоркам верхних связей. Если стойки ферм устроены в виде железных тяжей, то угловые подкосы располагаются в наклонной плоскости, причем их нижний конец прикрепляется к деревянным раскосам ферм, а верхний конец—к распоркам верхних связей. Устройство таких рам на

протяжении пролета встречается сравнительно редко и оправдывается только в мостах с большими пролетами; но на опорах закрытых мостов с ездою по низу устройство жестких рам безусловно необходимо для того, чтобы передать опорам ветровую нагрузку верхних продольных связей. Если фермы заканчиваются стойками, то опорные рамы располагаются в вертикальной плоскости этих стоек. Если опорных стоек не



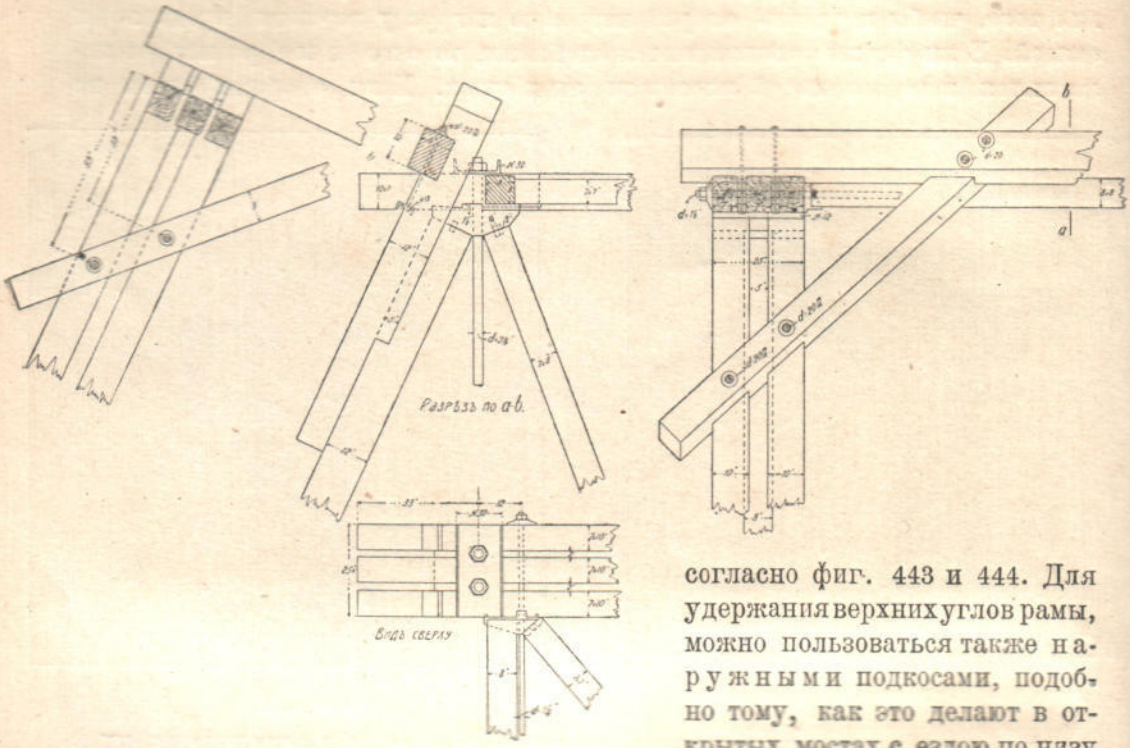
Фиг. 439.



Фиг. 440.

имеется, то устраивают наклонные опорные рамы, располагая их в плоскости первого раскоса (фиг. 375). Деталь верхнего угла такой опорной рамы для моста с фермами Гау показана на фиг. 439 до 441. В этом узле сходятся следующие части: верхний пояс фермы — O, первый раскос фермы — C, обратный раскос — D второй панели, тяж фермы — V, верхняя распорка рамы — R, угловой подкос — S, распорка — T, диагональ и стяжка верхних продольных связей. Распорка R рамы имеет сечение 9 . 12″ и уложена на верхнем поясе O ферм возможно ближе к теоретическому узлу и притом так, что ея боковые грани (12″) параллельны плоскости опорных раскосов C. Помещению распорки точно в узле препятствует тяж V с гайкою и подкладкою. Для того, чтобы невозможно было перемещение распорки ни вдоль, ни поперек пояса, сквозная горизонтальная вырубка сделана только в боковых брусьях пояса, средний же брус проходит без врубки через сквозную вырубку в распорке R. Каждый конец распорки притянут к брусьям пояса двумя наклонными болтами $d = 20$ мм., которые помещаются в зазорах между брусьями пояса и имеют под головками общую подкладку из швеллера № 12. Неизменяемость верхнего угла рамы получается благодаря угловому подкосу S (9″ . 12″), который расположен так, что две его лицевые грани (9″) параллельны плоскости раскосов C. Подкос S врублен взаимно, как с опорным раскосом C, так и с распоркою R. Так как грани раскоса C, распорки R и подкоса S параллельны между собою, то врубки получаются очень простые. Врубка верхнего конца подкоса сделана на передней грани, врубка же нижнего конца—на задней грани.

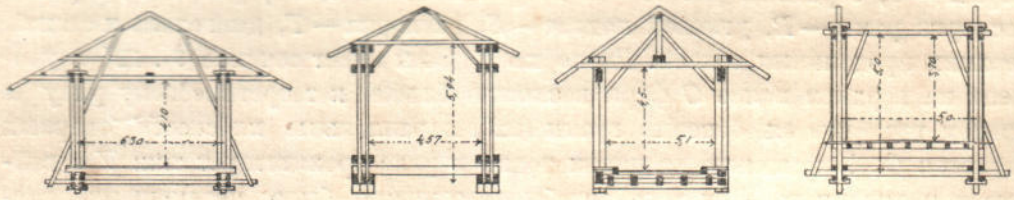
Если мост покрыт крышею, то для закрепления верхних углов рамы можно пользоваться подкосами, входящими в состав стропильных ферм,



Фиг. 441.

согласно фиг. 443 и 444. Для удержания верхних углов рамы, можно пользоваться также наружными подкосами, подобно тому, как это делают в открытых мостах с ездою по низу (фиг. 445).

2. Закрепление, как верхних, так и нижних углов рамы встречается преимущественно при вертикальном положении рамы и

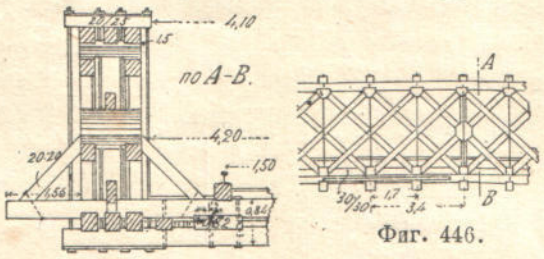


Фиг. 442. Фиг. 443. Фиг. 444. Фиг. 445.

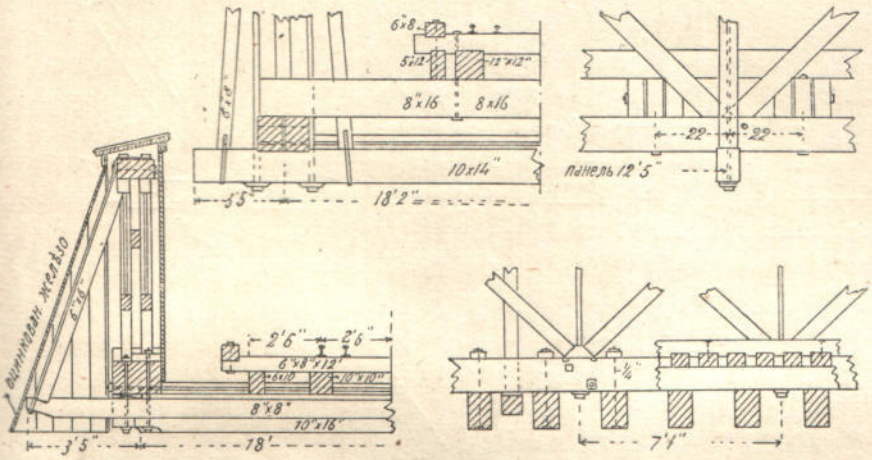
когда они имеют деревянные стойки. Для закрепления углов можно пользоваться внутренними угловыми подкосами или наружно-внутренними подкосами, согласно фиг. 445 и 442, причем верхний конец этих подкосов врубают в распорку рамы, а нижний конец упирают в выпущенные концы поперечной балки или распорки. В месте пересечения со стойкою, подкос сопрягается врубкою и болтом.

III. Поперечные связи открытых мостов с ездою по низу. В таких мостах верхний сжатый пояс ферм находится в очень невыгодных условиях по отношению к продольному изгибу и необходимо удерживать его от выпучивания из плоскости фермы. Это достигается устройством полурам, состоящих из двух стоек и нижней распорки, скрепляемых между собою

подкосами. Чаще всего, эти подкосы помещаются снаружи ферм (фиг. 448); но в железнодорожных мостах бывают случаи применения, как наружных, так и внутренних подкосов (фиг. 446 и 447). При устройстве только наружных подкосов, рядом с ними полезно устраивать железные тяжи (фиг. 448) для того, чтобы подкосы могли работать не только на сжатие, но и на растяжение. Нижний конец подкоса упирают в поперечные балки проезжей части (фиг. 446) или в специальные распорки,

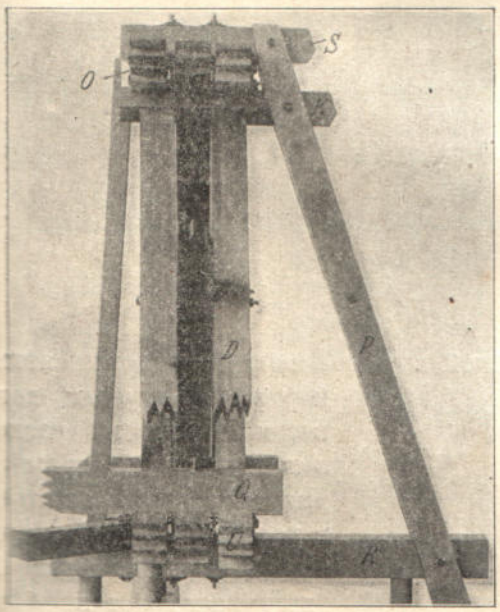


Фиг. 446.

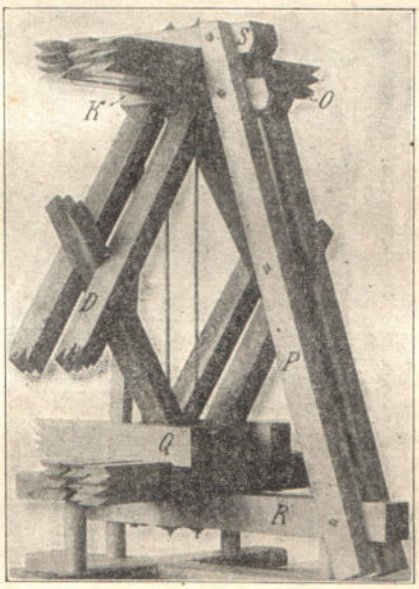


Фиг. 447.

Фиг. 448.



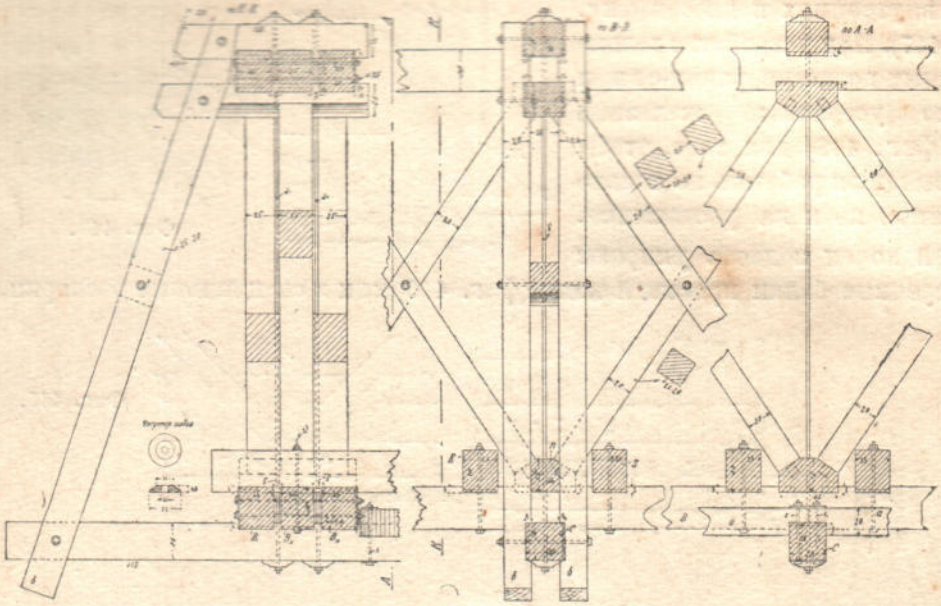
Фиг. 449.

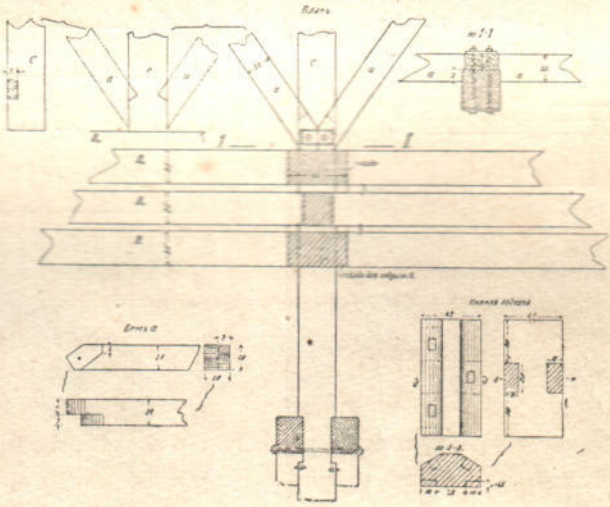


Фиг. 450.

которые подвешены к поясам и помещаются в узлах ферм (фиг. 447), или между узлами (фиг. 448). Применение отдельных нижних распорок имеет

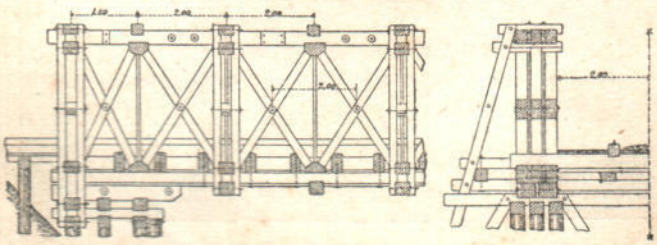
то преимущество, что деформации балок проезжей части не влияют на выпучивание верхнего пояса ферм. Рассмотрим устройство полурамы,





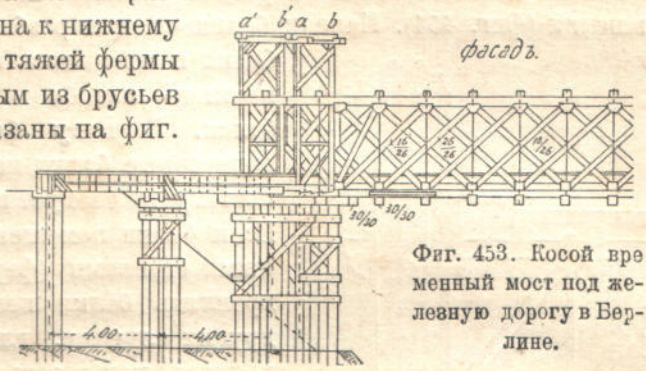
Фиг. 451.

показанной на фиг. 449 до 451. Тройной верхний пояс O поддерживается наружным парным подкосом P, который расположен в узле фермы и упирается нижним концом в распорку R продольных связей. Вверху подкос P охватывает короткие брусья S и K, обжимающие пояс O. Нижний брус K служит, вместе с тем, узловою подушкою, в которую упираются раскосы ферм.

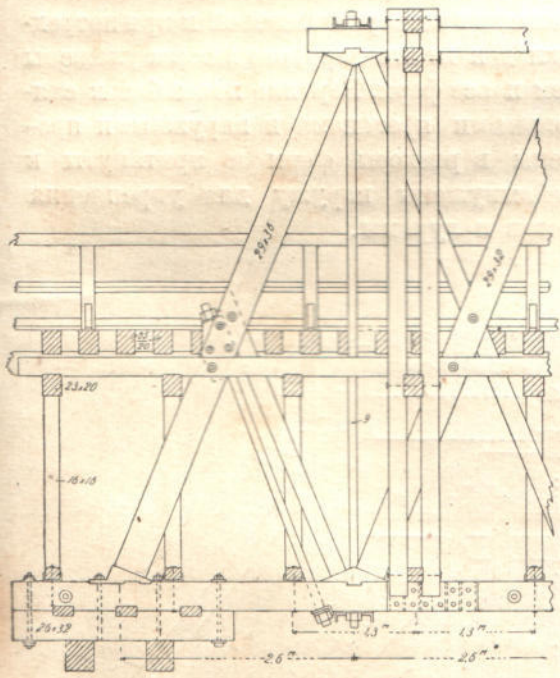


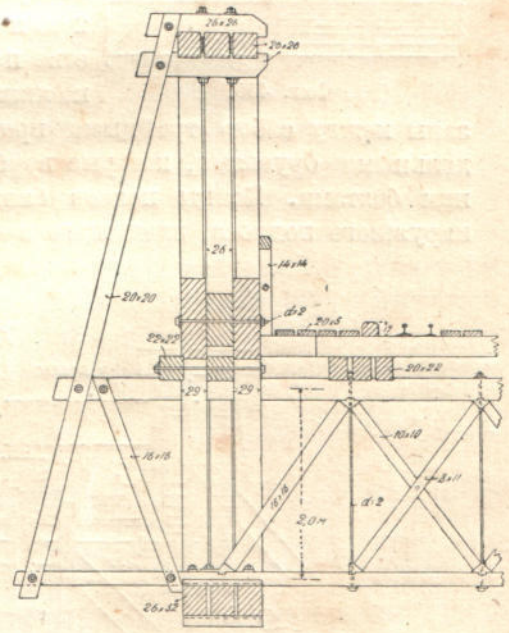
Фиг. 452. Мост через Дунай при Эрбахе.

Верхний брус S играет роль подкладки под гайками тяжей, которая распределяет их давление равномерно между тремя брусьями пояса. Нижний конец подкоса врублен взаимно с распоркою R, которая подвешена к нижнему поясу посредством главных тяжей фермы и врублена взаимно с каждым из брусьев пояса. Детали врубок показаны на фиг. 451 и 426. На фиг. 452 представлен пример устройства нижней распорки из двух брусьев. Верхний из них заменяет узловую подушку и имеет гнезда для помещения раскосов; нижний брус находится под поясом и служит, вместе с тем, подкладкою под головками двойных тяжей фермы. Верхний и нижний



Фиг. 453. Косой временный мост под железную дорогу в Берлине.



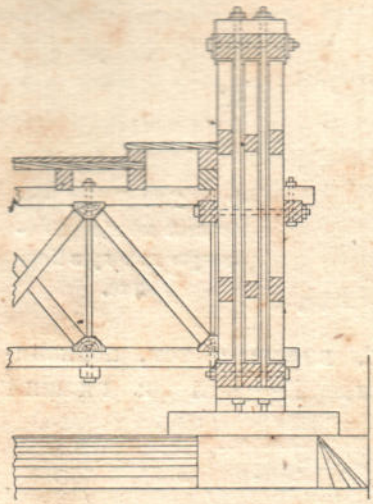


Фиг. 454.

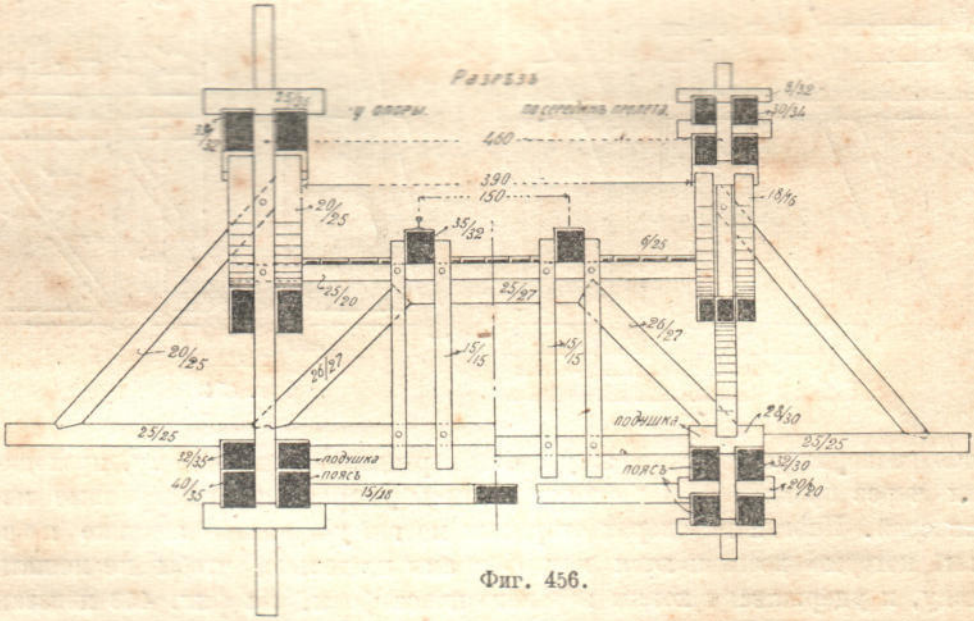
брусья распорки связаны между собою вертикальными болтами, проходящими через прокладки. На опорах подкосы упираются в поперечные насадки свай. Иногда на опорах открытых мостов устраивают жесткие порталы, которые возвышаются над фермами настолько, чтобы не мешать проезду, и удерживают концы верхнего пояса ферм. На фиг. 453 показан пример такого портала для моста, который расположен косо, вследствие чего на фасаде видны обе вертикальные стенки $a\ b$ и $a'\ b'$ портала.

Сквозные поперечные балки. Жесткость полурамы значительно повышается, если входящую в ее состав поперечную балку устроить со сквозною стенкою большой высоты. Для сквозных балок применяют раскосную систему Гау и подкосную систему с затяжкою.

А. Сквозные балки раскосной системы (Гау) состоят из поясов (нижнего и верхнего) и из решетки со сжатыми раскосами и растянутыми стойками в виде тяжей. Обратные раскосы помещаются только в средних панелях (фиг. 454). Панели балки следует разбивать так, чтобы продольные балки приходились над узлами и не вызывали местного изгиба верхнего пояса поперечной балки. В виду большой высоты, сквозные поперечные балки мало устойчивы сами по себе; поэтому их следует прочно скреплять с фермами. Если балки помещены в узлах ферм с деревянными стойками (фермы Рихтера), можно прикреплять балки непосредственно к стойкам. В других случаях, для укрепления балок, приходится пользоваться продольным брусом, который прикрепляется к фермам на уровне верхнего пояса поперечных балок. На фиг. 454 поперечные балки пролетом 5,6 м. и высотою 2 м. помещены в четвертях панелей и при посредстве подкладок из швеллерного железа уложены на нижнем поясе ферм. Верхние пояса балок связаны между собою тройными продольными прогонами и наружными продольными брусьями, которые врублены в раскосы ферм и притянуты к ним болтами. Концы поясов балки выпущены наружу для укрепления наружного подкоса, входящего в состав полурамы.



Фиг. 455.



Фиг. 456.

На фиг. 455 поперечная балка высотою 2,3 м., помещается по середине панели ферм в 2,13 м. Расстояние в свету между фермами = 4,9 м. Нижний пояс балки врублен взаимно в нижний пояс фермы, верхний же пояс скреплен с двумя продольными брусьями, которые обжимают раскосы фермы и притянуты к ним болтами.

В. Сквозные балки подкосной системы. Из подкосных систем для поперечных балок чаще всего применяют одноригельную систему с затяжкою, причем прогон, ригель, подкосы и затяжку полезно обжимать подвесками. Устройство затяжки необходимо, чтобы фермы предохранить от распора поперечных балок. Рассмотрим ригельно-подкосную балку моста с фермами Рихтера (фиг. 456). Затяжка балки уложена на нижний пояс, врублена с ним взаимно и выпущена наружу для упора в нее наружных подкосов, которые удерживают верхний пояс ферм открытого моста от выпучивания в сторону. Подкосы балки нижним концом врублены в затяжку двойным зубом, а верхним концом они упираются в ригель и обжаты двумя четверными вертикальными схватками, которые одновременно удерживают подрельсные лежни.

§ 61. Расчет связей.

I. Распределение давления ветра между связями. При одной системе продольных связей, вся нагрузка передается исключительно этой системе. При двух системах продольных связей (верхних и нижних связях), ветровая нагрузка распределяется между ними поровну или неравномерно, причем та система связей воспринимает больше нагрузки, к которой сила ветра ближе. Поэтому, в мостах с ездою по низу, давление ветра на поезд можно считать передающимся одним только нижним связям; между тем как давление ветра на фермы передается поровну верхним и нижним связям. Рассмотрим важнейшие случаи распределения давления ветра.

1. Мосты с ездою по верху. В случае устройства нижних и верхних продольных, а также поперечных связей, как в пролете, так и на опорах, распределение давления ветра между этими связями представляет статически неопределимую задачу; поэтому руководствуются предписанием бывшего М. П. С.; согласно которому давление ветра на поезд распределяется поровну между верхними и нижними продольными связями, причем указанное давление увеличивается на $20^0/_0$, так что на верхние и нижние продольные связи приходится по $^3/_5$ давления ветра на поездъ. Итак принимается следующее распределение:

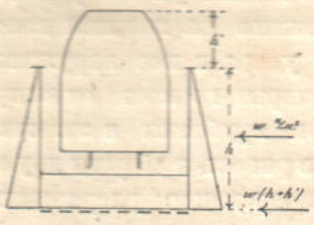
a) Пролетные поперечные связи передают от верхних продольных связей на нижние исключительно $^3/_5$ давления ветра на поезд (полоса, высотою 3 м.; давление ветра 132 к./м.^{2}), находящийся в пределах одной панели, так что при равенстве панелей все пролетные поперечные связи имеют одинаковую нагрузку.

b) Опорные поперечные связи передают сверху вниз на опоры всю горизонтальную нагрузку, приходящуюся на половину пролета верхних продольных связей.

c) Верхние продольные связи расчитываются на давление ветра, приходящееся: α) на половину расчетной поверхности обеих ферм, т. е. $^1/_2 F$,
β) на проезжую часть, если она не прикрыта верхним поясом,
γ) на $^3/_5$ площади поезда.

d) Нижние продольные связи расчитываются на давление ветра приходящееся: α) на половину расчетной поверхности обеих ферм, т. е. $^1/_2 F$,
β) на $^3/_5$ площади поезда, причем это давление передается вниз пролетными поперечными связями.

2. Открытые мосты с ездою по низу. Вследствие отсутствия поперечных и верхних продольных связей, нижние связи расчитываются на полное давление ветра, действующего, как на все пролетное строение, так и на поезд, поскольку он не прикрывается фермами. При сплошных фермах, нагрузка нижних продольных связей $= W(h+h^1)$, где W—давление ветра на м.², h—высота ферм и h^1—высота полосы поезда, выступающая выше ферм (фиг. 457). Эта нагрузка является самой невыгодной только для расчета усилий в поясах, между тем как усилия в диагоналях и распорках нижних связей получаются наибольшими при частичном нагружении моста поездом.



Фиг. 457.

При сквозных фермах, ветровая нагрузка на нижние связи слагается из давления ветра на поезд и на полосу ферм, лежащую ниже поезда.

3. Закрытые мосты с ездою по низу. В случае устройства верхних и нижних продольных связей и опорных рам, принимается следующее распределение давления ветра:

1) верхние продольные связи подвергаются исключительно нагрузке от давления ветра на половину расчетной поверхности обеих ферм ($^1/_2F$);

2) нижние продольные связи воспринимают нагрузку от давления ветра: a) на половину расчетной поверхности обоих ферм ($^1/_2F$);

b) на проезжую часть, если она выступает за пределы нижнего пояса;

c) на весь поезд, высотою от 2,3 до 3 мет. (Вместо вычета той поверхности поезда, которая закрывается решеткою ферм, принимают уменьшенную высоту поезда (см. стр. 41).

3) Опорные рамы передают опорам моста сумму горизонтальной нагрузки верхних продольных связей.

Если, кроме опорных рам, имеются также поперечные связи в пролете, то оне не расчитываются (по правилам М. П. С.) и рассматриваются только, как средство для увеличения жесткости пролетного строения.

II. Выбор между сильным и слабым ветром для расчета связей. В § 11 мы уже ознакомились с определением ветровой нагрузки для расчета мостов и видели, что надо отличать постоянную и подвижную нагрузку от ветра. В случае сильного ветра в 235 к/м.² расчет ведется только на постоянную ветровую нагрузку, так как поезда не может быть на мосту; в случае слабого ветра в 132 к/м.² надо считаться как с постоянною, так и с подвижною ветровою нагрузкою. Величина погонных нагрузок в том и другом случае

Случай.	Ветер.	Давление ветра к/м.²	Поезд на мосту.	Погонная ветровая нагрузка (для верхних или нижних связей).	
				Постоянная.	Подвижная.
I	сильный	235	не имеется	$W_p = 235\left(\frac{F}{2}+f\right)$	$W_k = 0$
II	слабый	132	имеется	$W_p = 132\left(\frac{F}{2}+f\right)$	$W_k = 132\ \Omega$

указана в следующей таблице, причем F, f и Ω обозначают расчетные поверхности обеих ферм, проезжей части и поезда на пог. м. моста.

Полная нагрузка, т. е. сумма постоянной и подвижной ветровых нагрузок, может получиться больше в том или другом случае. Независимо от этого, для одних элементов связей более невыгодным может оказаться I случай, а для других элементов—II случай. Рассмотрим этот вопрос отдельно для поясов и для решетки продольных связей.

А. Пояса. Обыкновенно фермы и продольные связи имеют общие пояса. Ветровые усилия в поясах ферм всегда расчитываются в предположении слабого ветра в 132 к/м.², даже в тех случаях, когда полная погонная нагрузка (постоянная + подвижная) получается больше при сильном ветре в 235 к/м.² Это об'ясняется тем, что в балочно-разрезных фермах полные усилия поясов от совместного действия ветра и вертикальной нагрузки получаются наибольшими при наличности поезда на мосту, т. е. при слабом ветре.

В. Диагонали и распорки. В однех диагоналях и распорках усилия получаются наибольшими при сильном ветре и отсутствии поезда; для других диагоналей и распорок более невыгодным может оказаться слабый ветер и совместное действие постоянной и подвижной ветровой нагрузки. Если мост с ездою по низу устроен так, что давление ветра на поезд не может передаваться верхним связям, или если мост с ездою по верху устроен так, что давление ветра на поезд не может передаваться нижним связям, то диагонали и распорки этих связей расчитываются только на сильный ветер в 235 к. при отсутствии поезда, т. е. на одну постоянную ветровую нагрузку.

Если же диагонали и распорки продольных связей работают также от давления ветра на поезд, например, в нижних связях мостов с ездою по низу, или в верхних связях мостов с ездою по верху, то надо различать два случая.

1) Если полная ветровая нагрузка w_1 при сильном ветре получается меньше, чем при слабом ветре, т. е. $w_1 < w_2$, то все диагонали и распорки надо расчитывать, в предположении слабого ветра в 132 к., на случай одностороннего нагружения подвижною ветровою нагрузкою и полного загружения постоянною ветровою нагрузкою. Расчет на сильный ветер в 235 к. без поезда можно совсем не производить, так как даже для первой диагонали и распорки усилие получится меньше, чем при расчете на слабый ветер в 132 к. при наличности поезда.

2) Если полная ветровая нагрузка w_1 при сильном ветре получается больше, чем при слабом ветре, т. е. $w_1 > w_2$, то диагонали и распорки крайних панелей (одной или более) надо расчитывать на сильный ветер в 235 к. без поезда, а диагонали и распорки остальных панелей—на слабый ветер в 132 к. при наличии поезда. На основании этих соображений составлена табличка на стр. 246.

III. Расчет усилий в поясах связей. Рассмотрим самую употребительную систему связей с железными тяжами и перекрестными диагоналями в каждой панели. Сопряжения диагоналей с поясами устроены так, что они могут сопротивляться только сжимающим усилиям; поэтому расчет ведется в предположении, что диагонали работают только на сжатие, а тяжи—

Невыгоднейшие случаи нагрузки для диагоналей и распорок продольных связей.

Мосты с ездою по низу, закрытые и открытые.			Мосты с ездою по верху, с верхними и нижними продольными связями и поперечными связями над опорами и в пролете.	
Верхние связи.	Нижние связи в случае		Верхние и нижние связи в случае	
	$w_1 < w_2$	$w_1 > w_2$	$w_1 < w_2$	$w_1 > w_2$
сильный ветер 235 к.	слабый ветер 132 к.	сильный ветер для крайних панелей и слабый ветер для средних	слабый ветер 132 к.	сильный ветер для крайних панелей и слабый ветер для средних

w_1 — сумма постоянной и подвижной ветровой нагрузки при сильном ветре.
w_2 — тоже при слабом ветре.

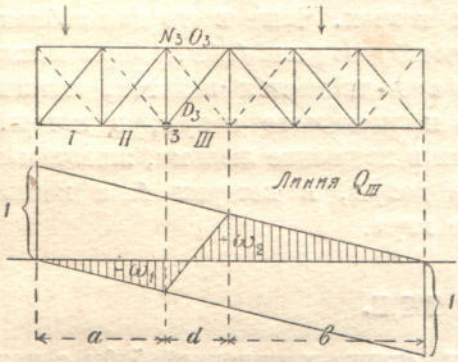
только на растяжение. Таким образом оказывается, что при одном направлении ветра работает одна система диагоналей, а при обратном направлении—другая система. В связях балочно-разрезной системы усилия поясов от ветра получаются наибольшими при полном загружении пролета. Если пояса являются общими для ферм и связей, то усилия в поясах надо всегда расчитывать в предположении слабого ветра в 132 к/м.² при наличии поезда на мосту. Усилия в поясах расчитываются по способу моментов. При показанном на фиг. 458 направлении ветра сверху вниз, работающими, т. е. сжатыми являются все диагонали, восходящие к середине пролета. Чтобы расчитать усилие O_3, вызванное этим ветром в 3-й панели верхнего пояса (фиг. 458), надо определить точку моментов; она находится в пересечении восходящего раскоса 3-й панели с нижним поясом, т. е. в узле 3. При полном загружении пролета постоянною и подвижною ветровою нагрузкою $(w_p + w_k)$, момент внешних сил относительно узла 3 расчитывается по формуле

$M_3 = {}^1/_2\,(w_p + w_k)\,x\,(l - x)$, где x и $(l - x)$—расстояния от узла 3 до левой и правой опоры. Усилие пояса $O_3 = \frac{M_3}{b}$, где b — расстояние между поясами.

При направлении ветра сверху вниз элемент O_3 сжат; при обратном направлении—он растянут и притом усилием одинаковой величины. Итак при связях с перекрестными диагоналями в каждом элементе поясов ветер того и другого направления вызывает усилия одинаковой величины, но обратного знака.

IV. Расчет усилий в диагоналях и тяжах. Рассмотрим ту-же систему связей с вытянутыми тяжами и перекрестными диагоналями. При направлении ветра, показанном на фиг. 458, работают восходящие к середине пролета диагонали. Растягивающие усилия N тяжей равны поперечной силе Q для соответствующих панелей, например: $N_3 = Q_{III}$. Сжимающие усилия D диагоналей равны поперечной силе Q соответственной панели, разделенной

на синус угла α между диагональю и поясом: $D_3 = \frac{Q_{III}}{\sin \alpha}$. Для получения наибольших усилий в тяжах и диагоналях, необходимо определить наибольшие значения max Q поперечной силы для отдельных панелей. Значения max Q получаются при запружении всего пролета постоянною ветровою нагрузкою w_p и при одностороннем нагружении подвижною ветровою нагрузкою w_k. Для большей наглядности полезно вести расчет на основании инфлюентных линий. Рассмотрим инфлюентную линию поперечной силы для III-й панели (фиг. 458), состоящую из двух треугольных участков положительного ω_2 и отрицательного ω_1. Площади этих участков можно выразить через угол α и расстояния a и b от вершины обоих треугольников до ближайшей опоры:



Фиг. 458.

$$\omega_1 = \frac{a^2}{2(a+b)}; \quad \omega_2 = \frac{b^2}{2(a+b)}; \quad \omega_1 + \omega_2 = \frac{b-a}{2}.$$

I случай. Слабый ветер в 132 к/м.². Давление ветра на фермы и проезжую часть, представляя постоянную нагрузку w^1_p, вызывает поперечную силу $Q_p = + w^1_p (\omega_1 + \omega_2)$, причем вводится алгебраическая сумма площадей ω_1 и ω_2.

Давление ветра на поезд, представляя подвижную нагрузку w_k, вызывает наибольшую положительную силу Q_k при загружении только положительного участка ω_2, причем $Q_k = + w_k \cdot \omega_2$. Полная поперечная сила

$$\max Q = Q_p + Q_k = + w^1_p (\omega_1 + \omega_2) + w_k \cdot \omega_2.$$

II случай. Сильный ветер в 235 к/м.² Поезда нет; поэтому $w_k = o$. Постоянная нагрузка w''_p от давления ветра на фермы и проезжую часть вызывает полную поперечную силу max $Q = + w''_p (\omega_1 + \omega_2)$.

Из значений max Q, соответствующих обоим случаям нагрузки, нас интересует только большее значение. Часто можно наперед определить тот случай, для которого max Q получается больше и тогда расчет на другой случай является излишним. Но встречаются случаи, когда необходимо вести расчет как на сильный, так и на слабый ветер. При решении этого вопроса следует руководствоваться табличкою на стр. 244.

ГЛАВА XII.

СВАИ, ИХ ЗАБИВКА, ОБДЕЛКА и РАСЧЕТ.

Сваями называются бревна, погружаемые в грунт забивкою или завинчиванием. Погружение свай посредством струи воды, размывающей грунт под сваею, считается лишь вспомогательным приемом при забивке свай. Забивка свай производится ручною бабою или копром. Для забивки

в слабый грунт на небольшую глубину при диаметре свай от 4—5 вер. и их длине около 2 саж., можно пользоваться ручною бабою. Такая баба делается из дерева, имеет вид трамбовки и весит от 4 до 6 пуд. Забивка свай ручною бабою производится 4-мя до 6-ти рабочими, которые стоят на помосте из досок, уложенных на двух козлах. Чаще всего для забивки свай пользуются копрами. Смотря по способу под'ема бабы, копры можно разделить 1) на ручные, в которых баба поднимается канатом, натягиваемым непосредственно рабочими, 2) на машинные копры, в которых баба поднимается механизмом, приводимым в движение людьми, животными или иным двигателем и 3) на паровые копры, в которых баба поднимается непосредственно действием на нее пара.

§ 62. Ручные копры.

Ручной копер состоит из деревянного станка и чугунной бабы с приспособлениями для ея под'ема и для установки свай. Станок (рис. 1 на лис. 24) состоит из горизонтальной рамы *EDD*, из вертикальной рамы *ADD* и из наклонного подкоса *AE*, поддерживающего вертикальную раму. Подкос обыкновенно снабжается стремянкою. Горизонтальная рама состоит из переднего бруса *DD*, служащего основанием для вертикальной рамы, из двух раскосов *DE* и из распорки *EF*. Вертикальная рама состоит из двух стрел *AF*, направляющих движение бабы, и двух укосин *CD*, подпирающих стрелы. Наверху на стрелы нарублена короткая поперечина, к которой прикрепляется блок для под'ема свай. При таком устройстве станка, баба должна перемещаться впереди стрел. Предпочтительнее такой тип станка, при котором баба перемещается между стрелами. Это достигается тем, что передний брус нижней рамы отодвигается назад настолько, чтобы пропустить бабу. Такой станок высотою 10 мет. показан на левой половине листа 25 атласа и состоит из четырехугольной нижней рамы, из вертикальной рамы и из двойного наклонного подкоса со стремянкою. Вертикальная рама отличается тем, что стрелы опираются на концы двух поперечин нижней рамы, а укосины, подпирающие стрелы, и нижним концом врубленные в передний брус нижней рамы, немного выступают из вертикальной плоскости. При помощи продольных и поперечных схваток станок разделен на три яруса. Станок таких же размеров, но устроенный для перемещения бабы впереди стрел, изображен на правой половине листа 25 атласа. Разница в том, что стрелы и их укосины опираются на передний брус нижней рамы и расположены в вертикальной плоскости.

На листе 26 атласа показаны детальные чертежи станка высотою 4 саж., допускающего перемещение бабы, как впереди стрел, так и между ними. Треугольная нижняя рама этого станка отличается тем, что ея передний брус устроен двойным и составлен из целого бруса длиною 2 саж., помещенного немного позади, и другого бруса, разрезанного на две половины. Стрелы опираются на концы этих половин и болтами притянуты к брусьям парной распорки нижней рамы (см. рис. 10). Укосины, расположенные в вертикальной плоскости, также опираются на передний брус из двух половин (см. рис. 9).

На листе 26 атласа приведены еще детали узла *C* (рис. 5) в месте сопряжения укосин со стрелою, детали узла *D* (рис. 6) в месте сопряжения раскоса нижней рамы с ея распоркою и детали узла *E* в месте сопряжения заднего подкоса с распоркою нижней рамы. Кроме того имеется деталь головы станка с показанием сопряжения заднего подкоса со стрелами при помощи железных накладок. Шкив для лопарного каната закреплен в стрелах, а на головы стрел нарублена короткая поперечина, на конце которой укреплен блок для под'ема свай при их установке.

В тех случаях, когда сваи забиваются ниже основания копра, как это встречается при установке копра на подмостях или при установке копра поверху котлована и забивке свай до дна котлована, можно производить забивку свай при помощи подбабка, т. е. куска бревна, устанавливаемого на голову сваи. Такая забивка обходится дорого, так как подбабок сильно уменьшает силу удара бабы; поэтому лучше пользоваться таким копром, станок которого позволяет продолжать стрелы ниже основания копра. Пример такого станка показан на листе 27 атласа. Добавочные стрелы длиною 10 арш. подвешены к основным стрелам и кроме того к брусьям распорки нижней рамы; нижний конец добавочных стрел удерживается от качания особыми подкосами. Баба перемещается впереди стрел. При забивке свай выше основания копра, шкив для лопарного каната укрепляется по оси стрел, а при забивке свай ниже основания копра шкив выдвигается наружу (см. детальный чертеж) и укрепляется на кронштейне, который образован концом задних подкосов и двумя горизонтальными брусками, прикрепленными к стрелам железными накладками.

Более совершенная конструкция станка, позволяющего опускать стрелы ниже основания копра, показана на рис. 2 лис. 24. Между основными стрелами имеется пара выдвижных стрел, которые сверху связаны между собою поперечиною из двух брусков и, скользя между основными стрелами, могут быть выдвинуты вниз на требуемую величину. Когда подвижные стрелы задвинуты до самого верху, копер обращается в обыкновенный, но с двумя парами стрел. Некоторый излишек в весе такого копра окупается тем удобством, которое представляют выдвижные стрелы. Для направления выдвижных стрел и для удержания их на любой высоте, служат железные пальцы (рис. 4 на лис. 24) сечением 4 на 1 дм., которые попарно приболчены к каждой выдвижной стреле и обхватывают основные стрелы, скользя по ним при передвижении выдвижных стрел. По середине горизонтальных пальцев имеются дыры диаметром $1^1/_2$ дм., которым соответствуют дыры в основных стрелах; вставляя в эти дыры штыр круглого сечения, мы можем удержать выдвижные стрелы на требуемой высоте. Концы пальцев попарно стянуты между собою болтом. По высоте стрел такие пальцы размещаются в двух или трех местах.

Сборку копрового станка производят при помощи двух козел. К одному козлу прислоняют нижнюю раму (рис. 9 на лис. 24), а к другому— стрелы, нижний конец которых при помощи лома заводят в гнездо нижней рамы и скрепляют болтами. Задний подкос с лестницею втягивают на козла двумя веревками, привязанными к концам подкоса. Нижний конец подкоса соединяют с нижнею рамою; затем сопрягают верхний конец подкоса со

стрелами. Готовый станок устанавливают на землю, вращая его около передняго бруса нижней рамы.

Оснастку ручного копра составляют следующие предметы: баба, шкив, лопарный канат для под'ема бабы, кошки или веревки, привязываемые к концу лопарного каната, блок и канат для под'ема свай при их установке.

Баба, чаще всего, отливается из чугуна. Вес баб для ручных копров = 20 до 40 пуд. Баба имеет призматическую форму прямоугольного сечения. При отливке бабы, в ея верхнюю часть втапливается железное ушко для прикрепления лопаря. Для того, чтобы при движении вдоль стрел баба не отклонялась в сторону, принимают следующие меры. Если баба движется впереди парных стрел, (рис. 5 на лис. 24), пользуются двумя дубовыми пальцами, которые пропускаются через отверстия в бабе и в обоих концах снабжаются чекою. Пальцы имеют квадратное сечение около 2 верш. в стороне. Если баба движется между стрелами, то применяют четыре пальца (рис. 6 на лис. 24), которые попарно обжимают стрелы. Можно придать бабе двутавровое сечение, вынимая в ней шпунты, в которые входят стрелы (рис. 7 на лис. 24), обшитые угловым железом. Наконец можно привинтить к стрелам по железному тавру (рис. 8 на лис. 24), и в бабе оставить два узких шпунта для ребра тавров.

Шкив для лопаря отливается из чугуна согласно рис. 12 на лис. 24. Диаметр шкива—до 2 фут. На ободе шкива имеется гладко обработанный желоб для лопаря. Шкив свободно насаживается на железную ось, которая укрепляется в стрелах. Положение шкива определяется так, чтобы лопарный канат имел направление, параллельное стрелам. Деревянные шкивы скоро стираются и потому хуже чугунных.

Лопарный канат диаметром $1^1/_2$ до 2 дм. делается из лучшей не смоленой пеньки. Длина его равняется расстоянию от низа копра до шкива +6 фут. Одним концом лопарь привязывается к ушку бабы, а к другому концу прикрепляют кошки или веревки по числу рабочих. Кошки привязываются или непосредственно к лопарю (рис. 10 на лис. 24) с применением железного распорного кольца или же к железному кольцу (рис. 11 на лис. 24), которое прикрепляется к лопарю петлею и аншпугом. Такое прикрепление позволяет передвигать место прикрепления кошек. Когда лопарь износился в конце, привязанном к бабе, его переворачивают.

§ 63. Машинные копры.

Машинные копры можно разделить на два типа: 1) на копры, в которых баба поднимается канатом или цепью о двух концах, и 2) на копры, в которых баба поднимается безконечною цепью. Станки машинных копров отличаются от станков ручных копров только более крупными размерами отдельных частей. Для соединения каната с бабою пользуются крюками или клещами. Зацепив крюком за ушко бабы, тянут за лопарь и когда баба доведена до требуемой высоты, дергают за веревку, привязанную к коромыслу крюка, который выскакивает из ушка бабы и она падает. Если веревку привязать к гвоздю, вбитому в стрелу, то баба будет подниматься всегда на одну и ту же высоту, следовательно высота падения бабы будет

возрастать по мере погружения сваи. Если привязать веревку к голове сваи, то высота падения бабы будет всегда одинаковою. Крюк простейшей конструкции (рис. 14 на лис. 24) составлен из коромысла, одному концу которого придана форма крюка, а к другому концу привязана веревка; кроме того имеется гиря для автоматического опускания крюка после падения бабы. На рис. 13 лис. 24 изображен другой крюк. На вертикальном стержне укреплена гиря; к нижнему концу стержня при помощи горизонтального болта подвешено коромысло с крюком. На одном конце коромысла надет противовес, а к другому привязана веревка. Внутренняя кривая крюка представляет дугу круга, центром которого служит точка подвеса коромысла. После того как бабу, поднятую до определенной высоты, спустили с крюка, спускают гирю до тех пор, пока крючек встретит ушко бабы; тогда благодаря своей клинообразной форме, крючек отклоняется в сторону и поднимает при этом противовес до тех пор, пока крючек не проскочит в ушко бабы, после чего тяжестью противовеса коромысло возвращается в горизонтальное положение.

Копер с воротом или вертикальным шкивом. Ворот должен быть устроен так, чтобы барабан, на который навивается канат, можно было раз'единять с движущим механизмом, для того, чтобы при спуске каната с барабана не нужно было вращать ворот в обратную сторону и тратить на это лишнее время и силу. Устройство ворота показано на рис. 15 лис. 24. При помощи рукояток *в* поворачивается деревянный вал *d*; над валом находится барабан *c*, который помощью рычага *f* можно опускать и поднимать. Когда барабан опущен, он соединяется с валом, так что при вращении вала вращается также барабан; когда барабан поднят, он вращается независимо от вала. Чтобы поднять бабу, барабан сцепляют с вращающимся валом; когда баба сорвалась с крюка, освобождают барабан; под действием тяжести крюка барабан вращается в обратную сторону и канат свивается с него. При спускании крюка следует тормазить барабан; в противном случае барабан приобретает большую скорость и канат свивается с него больше, чем надо.

Копер с лебедкою, установленною на нижней раме станка (рис. 16 на лис. 24), отличается такой же малой производительностью, как воротковый копер. Количество рабочих, потребных в том и другом случае, не велико, (по одному рабочему на каждые 5—7 пудов веса бабы), но зато забивка свай подвигается очень медленно.

Копер-топчак. Для под'ема бабы можно пользоваться большими колесами-топчаками. Копер с такими колесами изображен на лис 28 атласа. На горизонтальном валу, поддерживаемом двумя стойками, наглухо насажены два деревянных колеса диаметром 2 саж. На окружности колес укреплены перекладины из палок диаметром 1 верш., отстоящих одна от другой на 0,2 саж. В нисшей точке колеса становятся один или два рабочих, которые стоя на месте, переставляют ногу с одной перекладины на другую, и таким образом вращают колесо. На среднюю часть вала надет барабан, который можно соединить с валом или раз'единить. От барабана лопарный канат пропущен на нижний, и затем на верхний шкив, а оттуда—к бабе. Чтобы поднять бабу, барабан сцепляют с вращающимся валом; когда баба

сорвалась с крюка, выключают барабан. Под действием тяжести крюка барабан вращается в обратную сторону и канат свивается с него. При спускании крюка надо тормазить барабан, в противном случае барабан приобретает большую скорость и канат свивается с него больше чем надо. Колеса-топчаки непрерывно вращаются до окончания забивки сваи. Большое расстояние между стрелами в 0,3 саж. расчитано на то, чтобы поместить другую пару стрел, для опускания их ниже основания копра (согласно рис. 2 и 3 на лис. 24).

Копер с конным приводом. При забивке свай в большом количестве, с успехом пользуются копром, в котором под'ем бабы совершается при помощи конного привода. Как видно из рис. 17 на лис. 24, рядом с копром на кресте из двух бревен длиною не менее 2 саж. устанавливается конный привод, состоящий из дышла и барабана, которые вращаются около вертикальной оси, опирающейся на чугунный подпятник. При помощи механизма (выключателя), укрепленного на дышле над барабаном и переставляемого посредством рукоятки, находящейся на конце дышла, барабан можно соединить с дышлом или раз'единить. Один конец лопарного каната намотан на барабан, а другой конец пропущен через нижний, затем через верхний шкив и привязан к бабе. При весе бабы в 42 пуда и весе крюка в 4 пуда, к каждому концу дышла запрягают по одной лошади. Чтобы поднять бабу, барабан сцепляют с вращающимся дышлом. Когда баба сорвалась с крюка, выключают барабан. Под действием тяжести крюка, барабан вращается в обратную сторону и канат свивается с него. При помощи тормаза, рукоятка которого укреплена на дышле, рядом с рукояткой выключателя, при спускании крюка надо тормазить барабан; в противном случае барабан приобретает большую скорость и канат свивается с него больше, чем надо, отчего задерживается работа. До окончания забивки сваи лошади безостановочно вращают дышло. Другой пример копра с конным приводом показан на рис. 18 лис. 24.

Машинный копер с бесконечною цепью. Преимущество таких копров заключается в том, что не теряется времени на опускание крюка после производства удара. Рассмотрим копер системы Менк-Гамброка (на лис. 29 атласа). Схематическое расположение частей копра показано на рис. 1 лис. 29. Бесконечная цепь K системы Галля огибает два шкива a и p, укрепленных в верхнем и нижнем конце стрел и через ролик L, установленный на нижней раме копра, направляется к барабану лебедки. На своей поверхности барабан имеет зубцы, за которые зацепляется бесконечная цепь, так что вращением барабана приводится в движение вся бесконечная цепь. Эта цепь пропущена через вертикальное отверстие в бабе, которая снабжена выключателем для сцепления с цепью. Чтобы поднять бабу, ее сцепляют с движущеюся цепью; чтобы вызвать падение бабы, выключают ея замыкание с цепью. Детальный чертеж бабы показан на рис. 9 и 10 лис. 29. Баба состоит из передней и задней части; в задней части, двигающейся между стрелами, имеется сквозное вертикальное отверстие для пропуска цепи Галля и 4 железных уха для пальцев, удерживающих бабу около стрел. В передней части бабы сделано отверстие для выключателя; это отверстие сообщается с вертикальным отверстием для цепи.

Выключатель состоит из горизонтального пальца с тремя зубьями (см. деталь А) и из зубчатого колеса, насаженного на горизонтальную ось, которая выпущена наружу. На конце этой оси укреплен коленчатый рычаг, на обоих концах имеются кольца для бичевки (см. деталь). Дергая за один конец бичевки, рабочий включает бабу в движущуюся цепь и баба поднимается; дергая за другой конец, он выключает бабу и она падает. Так как во время забивки сваи движение цепи не прекращается, то после удара бабы рабочий тотчас-же включает бабу в цепь и она снова поднимается. При таком устройстве копра можно получить до 12 ударов в минуту при высоте под'ема бабы в 1,5 мет.

Завод Menck & Hambrock (Ottensen bei Altona, Hamburg) изготовляет такие копры следующих размеров.

Число лошад. сил.	Высота копра мет.	Вес копра кило.	Вес бабы кило.	Число ударов в минуту при высоте падения 1,5 мет.
3	12	5000	800	11
4	13	7000	1000	11
5	14	9000	1200	12
6	15	11000	1400	12
8	16	14000	1800	12

§ 64. Паровые копры.

В паровых копрах баба поднимается непосредственным действием на нее пара. Баба представляет паровой цилиндр с поршнем, причем удар производится либо цилиндром, либо особой бабой, прикрепленной к штоку поршня. Вес паровых баб = 70 до 150 пуд. Высота падения небольшая (0,4—0,5 саж.). Число ударов значительное; в минуту оно доходит до 80 Столь быстрое действие паровых копров очень выгодно при работе в песчаном и глинистом грунте. При быстро повторяющихся один за другим ударах бабы в вязких глинистых грунтах не может образоваться большого сцепления между сваей и окружающим ее грунтом. В сыпучем наносном песке (плывуне), представляющем вообще большое сопротивление погружению сваи при редких, хотя и сильных ударах бабы, забивка паровым копром также идет успешно, так как быстро следующие один за другим удары вызывают сотрясение песчаного грунта, окружающего сваю и разрыхляют его; но если на короткое время приостановить забивку, песок плотно укладывается вокруг сваи и продолжать забивку гораздо затруднительнее.

В России более всего распространены паровые бабы системы Арциша в Москве, отличающиеся простотою конструкции. Как показано на рис. 8 и 9 лис. 30 атласа, паровая баба Арциша весом 75 пуд. состоит из цилиндра *A*, в котором движется поршень со штоком *D*, проходящим через дно цилиндра. Нижний конец штока снабжен острием. Во время бойки шток остается неподвижным по отношению к свае, упираясь в нее своим нижним концом, снабженным острием. Поднимаясь и опускаясь по штоку, цилиндр ударяет по бабе. Со стрелами цилиндр связан направляющим

пальцем B, к которому приболчен зажим C. Из парового котла в цилиндр пар подается по железным трубам, которые около бабы заканчиваются гибким рукавом, лучше всего железным. Чтобы поднять бабу, опущенную на сваю, открывают кран K, расположенный на верху цилиндра. Для этого надо повернуть коромысло LQ в положение, показанное на рис. 9. Тогда через отверстие h пар входит в верхнюю часть цилиндра или бабы и поднимает его. Чтобы опустить цилиндр, тянут за веревку, привязанную к концу L коромысла и поворачивают его в положение, показанное пунктиром; тогда пар выходит на воздух через кран K и цилиндр падает, ударяя по свае. От удара противовес Q поворачивает коромысло в прежнее положение, пар снова поступает в цилиндр и поднимает его и т. д. В нижней части цилиндра имеется два отверстия S и T. Отверстие T служит для выхода воздуха из цилиндра при под'еме последнего. Отверстие S дает выход пару из цилиндра и предупреждает возможность чрезмерного под'ема цилиндра. Наибольшая высота падения бабы = полной длине хода поршня в цилиндре. При желании высоту падения можно уменьшить до требуемой величины. Когда свая забита, бабу поднимают лебедкою при помощи цепи, укрепленной к ушку v и устанавливают бабу на следующую сваю. При автоматическом действии копер Арциша делает до 60 ударов в минуту, а при ручном управлении веревкою—до 20 ударов.

§ 65. Копер-пионер.

Копром пионером называется копер, установленный на железнодорожной платформе так, чтобы его стрелы и баба свешивались вперед за платформу (лис. 31 и 32 атласа). Перемещаясь по рельсовому пути, копер-пионер забивает сваи для впереди лежащей опоры, причем не требуется устройства каких бы то ни было подмостей. Установка копра над сваями, требующая большой затраты времени при обыкновенных способах забивки свай, для копра-пионера производится очень скоро и просто, благодаря тому, что продольная установка копра совершается путем передвижения железнодорожной платформы по рельсам, для чего удобно пользоваться механической вагой, применяемой на железных дорогах. Поперечная установка также совершается просто и скоро при помощи поворотного механизма, который всю раму с установленным на ней копром поворачивает относительно железнодорожной платформы. Другим преимуществом копра-пионера является то, что для перевозки не надо разбирать копра, а достаточно опрокинуть его станок в горизонтальное положение (см. рис. 5 и 6 на листе 31), с тем чтобы его части не выступали за очертание габарита. По прибытии на место работ, поднимают копровый станок (см. рис. 4 на лис. 31) и можно приступить к бойке свай без всякой потери времени на сборку копра.

Из вышеизложенного видно, что копер-пионер особенно уместен в тех случаях, когда мост строится над водою, когда скорость постройки имеет первенствующее значение и когда длина моста не велика. При большой длине моста, постройка замедляется тем, что для забивки свай можно пользоваться только одним и в лучшем случае двумя копрами-пионерами, из которых один работает с левого, а другой—с правого берега.

Порядок работ с помощью копра-пионера опишем на примере постройки свайной эстакады (см. лист 31 атласа). Постройка эстакады производится при помощи рабочего поезда, составленного из копра-пионера, из платформы с углем и резервуаром с водою для питания парового котла, из нескольких платформ со сваями, прогонами, насадками, поперечинами, досками, рельсами и другими материалами и наконец из паровоза (см. рис. 1 листа 31). В составе поезда полезно иметь мастерскую для выполнения кузнечных и слесарных работ. Для производства работ ночью, поезд снабжен керосинокалильными фонарями.

Приступая к забивке свай, ставят копер так, чтобы его стрелы находились над устоем № 0. Окончив забивку всех свай этого устоя, закладывают деревянный щит из 3″ досок и засыпают его землею. Покончив с устоем, рабочий поезд передвигается на 1,5 саж., т. е. на длину одного пролета, так чтобы стрелы копра пришлись над быком № 1 и начинают забивать сваи этого быка (рис. 1). После забивки свай быка № 1 первый пролет перекрывается прогонами и на них наскоро укладывается временный путь из старых шпал и коротких старых рельс, длиною от 1,5 до 2,0 саж. Подача этих материалов производится при помощи блока, подвешенного к верхнему концу копровых стрел. Когда в первом пролете временный путь готов, поезд продвигается дальше на один пролет и производится забивка свай для быка № 2 (рис. 2). Затем укладывается временный путь во втором пролете и т. д. На рис. 3 показано положение рабочего поезда при забивке свай быка № 6. Если работа производится на двухпутном участке, перед мостом следует уложить перевод для выбрасывания порожних платформ на второй путь. Если недалеко от места работ расположен раз'езд, то, для выбрасывания порожних платформ, рабочий поезд отводится на раз'езд. В тех случаях, когда удаление порожних платформ из рабочего поезда неудобно, можно ограничиться постепенною переноскою строительных материалов с задних платформ на освободившиеся передние. Когда рабочий поезд в достаточной мере продвинулся вперед, временный рельсовый путь снимается и заменяется постоянным, который состоит из рельсов нормальной длины, контр-рельсов и охранных брусьев.

Описание копра-пионера (см. лист 32 атласа). На железнодорожной платформе системы Фокс-Арбеля установлена рама, которая составлена из двух вертикальных ферм раскосной системы, связанных между собою по низу горизонтальными связями, и по верху одною распоркою в плоскости средней стойки. Нижний пояс и стойки ферм выполнены из брусьев, а верхний пояс и раскосы—из круглого железа. На переднем конце рамы установлен станок высотою 8,5 мет. с паровою бабою системы Арциша весом 75 пуд. На заднем конце рамы уложен противовес из рельс. Во время перевозки эта рама занимает положение, показанное на рис. 1 пунктиром. На время работы копра, рама при помощи лебедки выдвигается вперед, так чтобы ея конец свешивался за переднюю ось платформы на 7 мет. При таком выносе копра можно строить мосты с пролетами до 6,5 мет. Когда рама выдвинута вперед, она опирается на железнодорожную платформу при помощи неполного кольца из спаренных рельс. Чтобы можно было забивать все сваи опор, как коренные, так и откосные, рама допу-

скает некоторый поворот около пятового шарнира *C*; при этом рама скользит по рельсовому кольцу. Поворот рамы совершается при помощи лебедки и каната, пропущенного через наклонный блок, укрепленный в точке *m* рельсового кольца. На время перевозки копровый станок вместе с паровою бабою опрокидывается вокруг заднего бруса нижней рамы копра, до тех пор, пока стрелы займут горизонтальное положение, опираясь на верхнюю распорку рамы. Опускание и под'емка копрового станка производятся при помощи лебедки, блоков и стального каната с крюком, надеваемым на кольцо, прикрепленное к платформе. Кроме того верхний конец стрел поддерживается двумя шестами диам. 15 см. Размеры копра-пионера определены так, чтобы в сложенном виде он проходил через габарит австрийских железных дорог. Благодаря этому пришлось уменьшить размеры горизонтальной рамы копра, а также вынос укосин для поддержания стрел. В тех случаях, когда сваи забиваются ниже основания копра, стрелы наращиваются добавочными стрелами, которые врезываются в полдерева и укрепляются болтами. Кроме шкива для под'ема бабы, к верхнему концу стрел укреплен шкив для подачи прогонов, рельс и др. материалов, необходимых для перекрытия пролетов моста.

§ 66. Копер „Рапид".

Копер „Рапид" конструированный 3-м железнодорожным батальоном, по основной идее не отличается от пионера, описанного в § 65. Оба копра, при помощи паровой бабы, работающей на весу, бьют сваи впереди себя, сами прокладывают себе путь для движения вперед и поэтому не нуждаются в устройстве подмостей. Оба копра особенно пригодны для работ над водою. Разница между ними заключается в способе перевозки на большие расстояния; рапид должен быть разобран и погружен на ж. д. платформы, а пионер не нуждается в разборке и достаточно опрокинуть станок со стрелами в горизонтальное положение.

Схема рапида изображена на рис. 1 до 3 лис. 33. На двух'осном вагонете, перемещающемся по рельсовому пути, установлена рама, которая составлена из двух треугольных ферм, по низу связанных между собою горизонтальными связями. Нижний пояс и стойки ферм выполнены из брусьев, а верхний пояс и раскосы — из круглого железа. На переднем конце рамы установлен станок со стрелами и паровою бабою, а на заднем конце рамы поставлен паровой котел, который вместе с тем служит противовесом. Рама опирается на вагонет при помощи пятового шарнира, расположенного над переднею осью вагонета и двух роликов — над заднею осью; таким образом рама допускает некоторый поворот относительно пятового шарнира, необходимый для забивки свай, стоящих в стороне от оси пути, на расстоянии до 0,8 саж. Установка бабы над сваями производится легко и скоро. Продольная установка копра совершается путем передвижения вагонета по рельсам, при помощи трещеток или буксовальных ломов. Для поперечной установки вся рама с копром поворачивается относительно пятового шарнира. Предварительная разбивка свай на месте не нужна. Вместо этого на зубчатой рейке, связанной с роликами, делают отметки тех углов поворота, которые соответствуют каждой свае, а

на рельсах отмечается положение копра при забивке всех свай данного быка. Эти отметки нумеруются согласно нумерации свай быка. По команде „копер на такую то сваю“ рабочие устанавливают копер по соответствующей отметке.

Свою работу копер начинает с берега; стоя на насыпи, он забивает сваи устоя и затем первого быка. Сваи срезываются на проектной высоте и перекрываются временною насадкою без шипа, прибиваемою к сваям железными скобами. Затем первый пролет перекрывается временными прогонами с припитыми к ним рельсами, по которым копер передвигается вперед для забивки свай второго быка. После их забивки, вновь образовавшийся пролет перекрывается вышеуказанным способом и т. д. Временных насадок и прогонов надо иметь не менее чем на три пролета, чтобы снятие задних и подача их вперед не задерживала работы копра. Пролеты моста в 1,6 саж. и менее являются наиболе удобными для работы рапидом. При таких пролетах, копер может работать безпрерывно, не ожидая перекрытия последнего пролета. При пролете от 1,6 до 3 саж., копер работает с перерывами для перекрытия последнего пролета временными прогонами. При пролетах свыше 3 саж., работа еще более замедляется, так как для укладки временного пути для перемещения копра, приходится через каждые три саж. забивать дополнительные сваи, которые удаляются по окончании работ. По окончании работ рапид разбирается для перевозки на новую постройку. Весь копер весит около 1000 пудов и стоил около 10000 руб. Для обслуживания копра требуется около 30 рабочих, или 90 человек при работе в три смены, т. е. непрерывно круглые сутки. Рапидом можно забивать до 4 свай в час или до 100 свай в сутки, при непрерывной работе днем и ночью.

§ 67. Плавучие копры.

От обыкновенного копра плавучий копер отличается только тем, что он установлен на барже или на плоту. Плавучим копром сваи можно забить с достаточною точностью только при работе паровым копром. Это об'ясняется качкою судна или плота вследствие ветра, волнения и главным образом потому, что при каждом ударе бабы меняется нагрузка судна или плота, смотря по тому, опирается ли баба на сваю или же она висит на копре. При работе ручным копром, когда артель стоит на некотором расстоянии от копра, качка копра получается больше, чем при работе машинным копром. Качка бывает меньше всего при работе паровым копром с судов, так как один удар следует за другим очень быстро и судно в своих движениях не поспевает за ударами бабы.

Копер можно устанавливать на одном или двух судах. При установке на одном судне, оно испытывает большую поперечную качку в виду расположения бабы над одним из бортов судна; поэтому лучше ставить копер на двух судах так, чтобы забиваемая свая находилась в зазоре между судами (рис. 4 на лис. 33). Для установки копра на судах укладывается ряд поперечин из бревен, покрытых досчатым настилом. Забивка свай ведется против течения, т. е. суда с копром подводятся с низовой стороны и забивка начинается с последней сваи, считая по направлению течения. Суда

устанавливаются и удерживаются на месте при помощи системы якорей. Для забивки следующих свай, суда при помощи лебедок притягиваются вверх по течению.

При установке на плоту, копер помещают в центре плота, имеющего форму продолговатого прямоугольника. Впереди стрел копра в плоте устраивается продольный зазор шириною 0,4 до 0,5 саж., в котором находятся забиваемые сваи (рис. 5 на лис. 33). Плот располагается зазором вверх по течению и удерживается на месте несколькими якорями. Плот вяжется из 3-х или 4-х слоев бревен; число слоев, а также длина и ширина плота определяются по весу копра, рабочих и прочей нагрузки. Плоты имеют очень малую жесткость; поэтому под действием сосредоточенной нагрузки копра они деформируются гораздо больше, чем суда. К плотам следует прибегать только в случае невозможности достать суда.

§ 68. Общая характеристика и сравнение копров.

Сваи забиваются ручным, машинным или паровым копром. Производительность этих копров при забивке круглых свай усматривается из следующей таблицы.

СИСТЕМА КОПРА.		Ручной копер с кошками.	Машинный копер с воротом или лебедкою при ручной работе.	Машинный копер с паровою лебедкою.	Машинный копер с бесконечною цепью и паровым двигателем.	Паровой копер Арцеша.
Вес бабы пуд.		25—40	35—50	35—50	50—100	75
Число ударов в минуту		8—10	½—1	3—6	10—12	60—80
Возможный под'ем бабы саж.		0,5—0,7	—	—	—	0,4—0,5
Число прислуги		47	6	4—5	5	6
Относительный расход на 1 пог. саж. забитой сваи		1	0,33	0,20	0,15	0,09
Общая осадка в пог. саж. всех свай, забиваемых одним копром в один день при грунте	твердом, глинистом или щебенистом	6—9	2—3	8—11	20—25	35—45
	среднем, глинистом	12—16	4-5	14—20	35-45	60-80
	мягком, обыкновенном	18—24	6—8	22—30	47—55	85—100

Число свай, забиваемых одним копром в день, зависит от глубины их забивки, т. е. осадки свай. Если числа этой таблицы разделить на среднюю глубину забивки одной сваи, то получим число свай, забиваемых одним копром в один день. Из таблицы видно, что производительность парового копра в несколько раз больше, чем для других копров. Несмотря на это, забивка паровым копром обходится дешевле только в случае забивки большого числа свай; в противном случае не окупается высокая стоимость машины. Машинный копер занимает мало места, требует мало рабочих и благодаря большой силе удара бабы, может забивать сваи, не поддающиеся действию ручного копра. Но работа машинным копром с воротом или ручною лебедкою настолько медленная, что часто находят выгодным перейти к ручному копру с кошками.

Вес бабы. Сила или работа удара равна произведению веса Q бабы на ея высоту падения h. Одну и ту-же силу удара можно получить путем увеличения веса бабы, уменьшая при этом высоту падения, или наоборот путем увеличения высоты падения, уменьшая при этом вес бабы. При тяжелых грунтах, следует увеличивать вес бабы и уменьшать ея высоту падения. При легких грунтах, баба может быть легче, а высота падения—больше. Кроме того вес бабы надо назначать в зависимости от веса сваи, т. е. ея длины и диаметра. При забивке слишком легкою бабою, свая дрожит, бесполезно поглощает много энергии и дает ложный отказ. Чем больше вес бабы, сравнительно с весом сваи, тем выше коэффициент полезного действия забивки. Однако, слишком большой вес бабы также нежелателен, так как при забивке тяжелою бабою сваи легко ломаются. На практике считают, что вес Q бабы должен быть в 2 до $2^1/_2$ раз больше веса q сваи, т. е. $Q = 2\,q$ до $2{,}5\,q$.

Для определения веса бабы, при всевозможных размерах свай, служит следующая таблица, указывающая вес Q бабы в пудах, равный двойному весу сваи ($Q = 2\,q$).

Длина сваи саж. \ Диаметр сваи в верш.	4	5	6	7	8
2	15	22	31	41	52
3	24	36	50	65	83
4	36	52	71	92	117
5	50	71	95	123	155
6	65	91	122	157	195

Данные о действительном весе баб, при разных системах копров, приведены в таблице на стр. 258.

Высота h падения бабы. Сила удара $Q \cdot h$ должна быть больше сопротивления грунта, но она не должна превышать сопротивления сваи раздроблению. Вопрос о живом сопротивлении свай, т. е. о той силе удара, которую могут воспринять сваи, еще мало изучен, как в теории, так и на опытах. В общем однако выяснено, 1) что живое сопротивление T зависит от об'ема V сваи, 2) что оно пропорционально квадрату предела упругости σ дерева на сжатие вдоль волокон и 3) что оно обратно пропорционально коэффициенту E упругости дерева на сжатие вдоль волокон, т. е.

$$T = \frac{\sigma^2}{2E} \cdot V$$

Подставляем $\sigma = 260$ к/см.^{2} $= 721500$ пуд./саж.^{2}—предел упругости сосны при сжатии вдоль волокон, $E = 100000$ к/см.^{2} $= 277500000$ пуд./саж.^{2}—коэффициент упругости сосны при сжатии вдоль волокон; тогда

$T = \frac{721500^2}{2 \cdot 277500000} \cdot V = 938 \cdot V$ пудосаж, причем V—об'ем сваи в куб. саж. Для сосновых свай разного диаметра и длины по этой формуле вычислена следующая таблица.

Значения T допускаемой для сосновых свай силы удара в пудо-саженях по формуле $T = 938 \cdot V$.

Длина сваи саж. \ Диаметр сваи в верш.	4	5	6	7	8
2	12,7	19,2	26,8	35,0	46,1
3	20,8	31,3	43,2	57,1	73,2
4	31,3	45,4	62,0	81,4	102,7
5	42,9	61,2	82,9	107,4	135,4
6	56,3	79,4	106,2	137,0	171,4

Сравним значения этой таблицы с действительною силою удара баб в наиболее употребительных копрах; эти данные приведены в следующей таблице.

		Система копра:		
		ручной с кошками	паровой Арциша	машинный
Наибольший вес бабы в пуд.	Q	= 25 40	75	60
Высота падения бабы в саж.	h	= 0,5 0,7	0,4 0,5	2
Сила удара бабы в пудо-саж.	$Q.h$	= 12,5 28	30,0 37,5	120

Из этой таблицы видно, что наименьшая сила удара в 28 пуд. саж. соответствует ручному копру. Как видно из таблицы значений T, этот удар выдерживают все сваи, кроме четырех наиболее легких свай; для забивки этих четырех свай вес бабы в 40 пуд. слишком велик. Паровой копер Арциша также дает небольшую силу удара в 37,5 пуд. саж. Из свай, приведенных в таблице значений T, только 7 наиболее легких свай не выдерживают этого удара; для их забивки 75 пуд. баба слишком тяжела. Самый сильный удар в 120 пуд. саж. дает машинный копер, вследствие большой высоты падения его бабы. Столь сильный удар выдерживают только три самых тяжелых сваи из приведенных в таблице значений T. Для всех остальных свай силу удара надо уменьшить, лучше всего путем уменьшения высоты падения бабы. При заданных размерах сваи, допускаемую высоту падения бабы проще всего определить при помощи таблицы значений T. Для этого надо взять из таблицы то значение T, которое соответствует диаметру и длине данной сваи и разделить его на вес Q бабы в пудах; тогда получим допускаемую высоту падения бабы $h_0 = \frac{T}{Q}$ в саж.

В начале бойки, когда свая погружается в грунт, не встречая значительного сопротивления, высота падения бабы может быть взята и больше h_0, но по мере того, как свая заходит в грунт и сопротивление последнего возрастает, высоту падения следует постепенно уменьшать до предела h_0.

Заключение. При забивке ручным копром и паровым копром Арциша, вследствие небольшой высоты падения, баба дает сравнительно слабый

удар, который при употребительных размерах свай не представляет для них никакой опасности. При забивке машинным копром, сваи могут пострадать от большой силы удара; поэтому в каждом отдельном случае необходимо определять ту высоту падения бабы, которая может быть допущена при данных размерах свай. Сваи длиною 3—4 саж. следует принимать не тоньше $5^1/_2$—6 верш., а при длине больше 4 саж. диаметр сваи должен быть не меньше 7 верш. Длинные сваи небольшого диаметра не должны забиваться тяжелыми бабами и тем более падающими с большой высоты. При тяжелом грунте следует по возможности увеличивать вес бабы и уменьшать высоту падения; при легком грунте наоборот вес бабы может быть меньше, а высота падения больше.

Частота ударов бабы. Рассмотрим еще вопрос, выгоднее ли забивать сваю более сильными и редкими ударами, или же более слабыми и частыми ударами. Если мы имеем грунт сжимаемый, т. е. с пустотами, то частицы, перемещенные силою удара, не будут иметь обратного течения, поэтому некоторый отдых сваи, т. е. оставление ее без ударов, не будет иметь вредных последствий. Следовательно частые и редкие удары дадут почти одинаковый эффект с тою лишь разницею, что при редких ударах с большой высоты значительная часть работы теряется; поэтому лучше частые удары при небольшой высоте падения бабы.

Если грунт несжимаемый, то при выборе способа забивки надо руководствоваться величиною и скоростью перемещения частиц. При крупном песке, который для своего вытеснения требует большую силу, следует давать сильные и редкие удары, так как при слабых, хотя и частых ударах, не все частицы грунта будут сдвинуты полностью; тогда во время отдыха сваи они опять вернутся на свои первоначальные места и коэффициент полезного действия ударов будет мал. Сильные удары произведут более энергичные перемещения частиц и будет меньше таких частиц, перемещение которых еще не закончено. Те-же соображения относятся к песчаному грунту с гравием и галькою. Чем тверже грунт, тем полезнее увеличивать вес бабы, ограничивая высоту ея падения. В грунтах смешанных, т. е. песчаных с прослойками глины, частые удары дают лучшие результаты, если глина достаточно мягкая или разжиженная. Если же глина вязкая или твердая, то выгоднее сильные и редкие удары, чтобы оставалось как можно меньше мест, где масса не успела полностью переместиться и может поплыть назад при разгружении сваи. Встречаются грунты, которые отличаются медленностью перемещения частиц; при забивке в такой грунт, свая иногда останавливается и надо „дать ей отдохнуть", для того чтобы частицы успели переместиться и занять новое положение, после чего получается возможность продолжать забивку.

На основании вышеизложенного можно дать следующую характеристику копров. Ручной копер рекомендуется 1) в случае рыхлого грунта и 2) при малом числе свай, подлежащих забивке и если требуются частые перестановки копра. Ручной копер непригоден 1) в случае плотно слежавшегося песка и гравия, или плотной глины и 2) для забивки свай на большую глубину. Машинный копер с лебедкою или воротом при ручной работе пригоден в случае чистой глины или плотно слежавше-

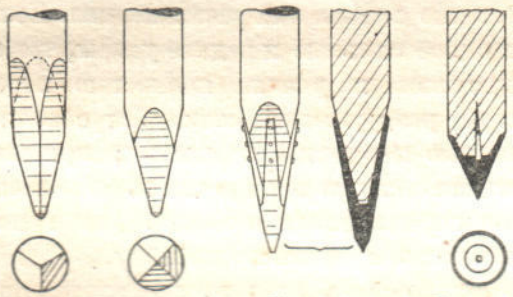
гося песка и гравия. Этот копер непригоден 1) в случае болотистого и плывучего грунта, так как интервал между двумя ударами бабы настолько велик, что сваи засасываются, и 2) если сваи должны быть забиты в краткий срок. Машинный копер с паровою лебедкою или с бесконечною цепью при паровом двигателе рекомендуется в случае чистой глины или плотно слежавшегося песка или гравия. Паровой копер рекомендуется в случае мягкого глинистого и рыхлого плывучего или болотистого грунта. Паровой копер непригоден 1) в случае очень плотно слежавшегося песка или гравия и 2) при работах на суше, требующих частых перестановок копра.

§ 69. Размеры и обделка свай.

В России применяют преимущественно сваи из сосновых бревен. Бревна должны быть прямые, не сучковатые и при ударах издавать ясный звук. Следует избегать сухоподстойного леса, а также горелого, т. е. пролежавшего в сыром месте. Диаметр свай в тонком конце принимается в 5 до 7 верш.; выбор диаметра зависит от нагрузки, приходящейся на сваю. Длина свай зависит от грунта и от системы опор. В среднем, длина свай = 3 до 4 саж., а максимальная длина — 5 до 6 саж., только в исключительном случае свая может иметь длину в 6 до 10 саж.; такие сваи очень дороги, и лучше их не применять.

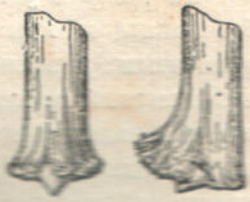
Обделка нижнего конца свай. Для большей успешности забивки, принято заострять нижний конец свай в виде трех или четырехгранной пирамиды (фиг. 459 и 460), с притуплением острия для предохранения его от смятия; чтобы свая при забивке не пошла косо, острие должно совпадать с осью сваи. Заостренный конец имеет длину от одного до двух диаметров сваи. Встречаются такие грунты, при которых заострение не приносит никакой пользы и незаостренные сваи забиваются даже лучше. Этот вопрос решается забивкою двух пробных свай, из которых одна тупая, а другая заостренная.

Башмаки. При гравелистом или твердом грунте, а также при большой глубине забивки, конец сваи снабжают чугунным или железным башмаком. Железные башмаки (фиг. 461 до 465) делаются с тремя или четырьмя лапами. Длина лап принимается около 12″, ширина $1^1/_2$—2″, а толщина $^1/_4$″—$^3/_8$″. К свае каждая лапа пришивается двумя или тремя гвоздями. Вес железного башмака составляет от 5 до 10 кил.; чем плотнее грунт, тем тяжелее должен быть башмак. Чугунные башмаки (фиг. 467 до 471) применяются реже, чем железные. Чугунный башмак с железным штырем (фиг. 469) лучше башмака с чугунным штырем (фиг. 467), который легко ломается. Наилучшим типом надо признать башмак по фиг. 470, который отличается от фиг. 469 устройством гнезда глубиною около 2″ на верхней площадке башмака. Это гнездо удерживает башмак от бокового сдвига и предохра-



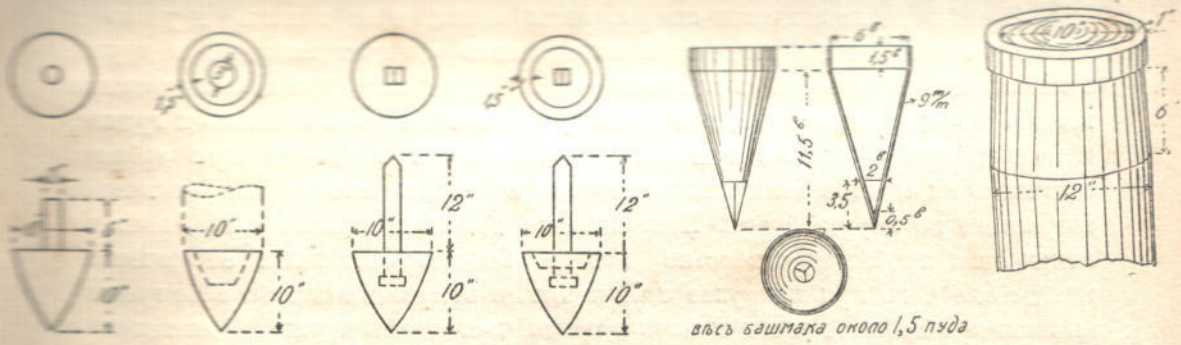
Фиг. 459. Фиг. 460. Фиг. 461. Фиг. 462.

няет конец сваи от раскалывания в случае действия на него боковых сил при забивке. На фиг. 471 показан башмак весом около 1,5 пуд., применявшийся для забивки свай моста через р. Иркут на Иркут - Байкальской железной дороге. Вес чугунных башмаков составляет от 20 до 25 кил. ($1^1/_4$ до $1^1/_2$ пуда). Башмаки



Фиг. 467. Фиг. 468. Фиг. 469. Фиг. 470. Фиг. 471. Фиг. 472.

стрелки так надрезаны, что при забивке они могут соскочить или врезаться в сваю, как показано на фиг. 466, после чего они сильно затрудняют забивку. Поэтому к применению башмаков надо относиться с осторожностью, тем более, что они обходятся довольно дорого. В силу этого прежде, чем употреблять башмаки, надо забить несколько пробных свай без башмака.



Обделка верхнего конца свай. Во время забивки, верхний конец сваи снабжают железным кольцом, называемым бугелем (фиг. 472); он предохраняет голову сваи от измочаливания под действием ударов бабы. Бугель сваривается из мягкого полосового железа толщиною $^3/_4$" до 1" и шириною 2" до 3". Для того, чтобы бугель сильнее сжимал верхние волокна, его насаживают в нагретом состоянии и конец сваи слегка заостряют (фиг. 472). При твердом грунте и большой глубине забивки, конец сваи, несмотря на бугель, измочаливается; в этом случае необходимо спилить поврежденный конец сваи и осадить бугель. После того, как свая забита, бугель снимается и переносится на другую сваю. Один и тот же бугель может служить для забивки нескольких сот свай.

§ 70. Забивка свай.

При забивке свая должна вытеснить равный ей об'ем грунта. Это вытеснение происходит за счет уплотнения грунта, окружающего сваю. Смотря по степени сопротивляемости забивке свай, можно установить следующую классификацию грунтов. 1) Грунты легкие и мягкие: ил, торф, чернозем, суглинок, супесок, пластичная глина, вязкая глина с примесью песка (глей), ил с примесью песка. 2) Грунты средней твердости: песок с примесью глины и ила, вязкая слежавшаяся глина, глина с песком и галькою или хрящем (сваи должны быть снабжены башмаком), мелкий неоднородный песок, мелкий плывун с зернами без острых ребер и углов. 3) Твердые грунты: однородный мелкий песок без глины и ила (обыкновенно насыщенный водою), мелкий плывун с угловатыми зернами с острыми ребрами, (величина зерна до $^3/_4$ мм. в среднем), мелкий песок с примесью гальки (сваи должны быть снабжены башмаком), сланцевая глина, чистый кварцевый песок с остроугольными зернами средней величины, обыкновенно насыщенный водою, крупный чистый кварцевый песок с остроугольными зернами ($1^1/_2$ до 2 мм. и более), мелкая и средняя галька с песком, хрящ с примесью песка, крупная галька или крупный хрящ с песком, глинистый сланец и мергель. Для пяти последних грунтов сваи должны быть снабжены башмаком.

Вследствие коничности ствола, один конец сваи тоньше другого и поэтому возникает вопрос, каким концом сваю следует забивать в грунт, толстым или тонким. В отношении стоимости выгоднее забивка толстым концом вниз; экономия доходит до 20% при вязком, т. е. глинистом грунте, и до 10% при забивке в плывун. Это об'ясняется тем, что при забивке тонким концом вниз свая заклинивается в грунт, почему сопротивление возрастает по мере забивки. При забивке толстым концом вниз, нижний конец сваи пробивает отверстие, которое больше остальных ея сечений, вследствие чего при погрузке свая испытывает сравнительно слабое трение, вызванное обвалившимися и заплывшими частицами грунта. В отношении сопротивляемости действию нагрузки лучше сваи, забитые тонким концом вниз, так как оне не только опираются своим концом в грунт, но держатся в силу трения по всей их поверхности, между тем как в сваях, забитых толстым концом вниз, это трение очень мало. В отношении сопротивляемости выдергиванию лучше сваи, забитые толстым концом вниз, так как при выдергивании они заклиниваются в грунт, между тем как обыкновенные сваи оказывают сопротивление только в первый момент выдергивания. Поэтому для несения большой нагрузки следует применять обыкновенные сваи; если же от свай требуется большое сопротивление выдергиванию, например на случай их поднятия водою, льдом или пучением грунта, то следует забивать сваи толстым концом вниз. Чтобы повысить сопротивление сваи выдергиванию, ее нижний конец можно снабжать кольцевидными нарубками конической формы, отстоящими одна от другой около 40 см. Такие сваи иногда называются заершенными. Нижний конец свай обыкновенно заостряется согласно фиг. 459 и 460; при забивке в илистый или торфяной грунт, можно обойтись без всякого заострения.

Глубина забивки свай зависит от плотности грунта и от нагрузки, передающейся свае. За наименьшую глубину забивки, необходимую для устойчивости свай, в России считают 1,5 саж., даже в том случае, если бы требуемый отказ получился при меньшей глубине забивки. В последнем случае, разрешается забивку свай начинать в предварительно вырытой яме. Необходимую глубину забивки свай следует определять по результатам забивки пробных свай. Однако, к этим результатам следует относиться с осторожностью, в виду особых свойств некоторых грунтов. Например, чистый песок, пропитанный водою, отличается тем, что сопротивление сваи весьма быстро возрастает, и отказ получается очень скоро; но если после нескольких дней покоя возобновить забивку, то сваи погружаются еще дальше; поэтому не рекомендуется устраивать свайное основание в сплошном песке, пропитанном водою. При глинистых грунтах, которые от мороза выпучиваются, забивка свай должна быть возможно глубокая и настолько ниже линии промерзания, чтобы трение этой нижней части сваи было больше той силы, которая при выпучивании стремится выдернуть сваю. В виадуках Пермского участка Пермь-Тюменской железной дороги от выпучивания грунта опоры приподнимались на $1^1/_2$ до 3-х сотых саж., что заставило заменить виадуки насыпями с каменными трубами. При илистом грунте сваи иногда не дают требуемого отказа, даже при забивке на глубину более 6 саж. В этом случае можно увеличить сопротивление сваи, если ея конец снабдить двумя бабошниками, или обрубками, прикрепляя их зубьями и болтами (фиг. 473). Полная пригодность таких свай установлена опытами, произведенными при постройке линии Тимирязево-Нижний-Новгород. Простые сваи не давали требуемого отказа при забивке на глубину до 6 саж.; при снабжении бабошниками требуемый отказ получался при забивке на глубину до 3,5 саж. Сваи с бабошниками очень трудно выдергивать из грунта; с этим надо считаться в тех случаях, когда требуется полная очистка русла реки после окончания работ. Другой способ для увеличения сопротивления свай заключается в применении разгрузочных площадок, при которых часть нагрузки свай передается непосредственно поверхности грунта. Согласно рис. 2 на лис. 34, простейшая разгрузочная площадка для одиночной сваи состоит из двух брусков 9.6 дм., которые обжимают сваю, врублены в нее и стянуты между собою двумя горизонтальными болтами. Сопряжение брусков со сваею усилено при помощи двух поперечин 9.3 дм., также врубленных в сваю. Разгрузочная площадка для группы свай показана на рис. 1 лис. 34. Все сваи обжаты системою продольных и поперечных схваток, врубленных в сваи и притянутых к ним болтами. При помощи этих схваток часть нагрузки свай передается настилу из пластин, уложенных на земле, предварительно покрытой слоем плотно втрамбованного щебня. Площадь настила из пластин

Фиг. 473.

можно расчитывать на половину полной нагрузки свай, допуская на слежавшийся насыпной грунт давление в $^1/_2$ пуд. на дм.^{2}

Заведующему забивкою свай выдается план расположения свай с указанием номера каждой сваи. Все данные по забивке свай заносятся в журнал следующей формы.

.....дня..... .....19 г.

ЖУРНАЛ ЗАБИВКИ СВАИ №.....

Длина сваи..... .....саж. Наименьший диам. сваи.....верш.

Забивка начата в... ....час.....мин. Окончена в.....час.....мин.

Продолжительность забивки сваи.....час.....мин.

№ залога.*)	n Число ударов в залоге.	c Осадка от данного залога сот. саж.	h Высота падения бабы саж.	Примечание.
.....	.....	.....	.....	
.....	.....	.....	.....	
.....	.....	.....	.....	
Всего . .				

Вес бабы Q = ...пуд. Система копра.....

Высота падения бабы в последнем залоге.....саж

Осадка от последних n.....ударов или отказ c = ...сот. саж.

Допускаемый отказ.....сот. саж.

Отметка поверхности грунта в месте забивки сваи.....саж.

Общая осадка сваи.....саж.

Отметка низа забитой сваи.....саж.

При забивке свай надо иметь строгое наблюдение за рабочими, во избежание злоупотреблений, к которым относится спиливание свай, вместо их забивки на требуемую глубину. Чтобы избежать подобных злоупотреблений, полезно клеймить сваи около их головы, поверять отказ забитых свай и даже выдергивать сваи.

Ненормальные явления при забивке свай. К таким явлениям относятся: вращение свай, отклонение свай от вертикального положения, ложный отказ, повреждение свай и проч.

Вращение свай вокруг их оси наблюдается в тех случаях, когда сваи заготовлены из кривослойного леса. Вращаясь во время забивки, свая иногда делает несколько оборотов вокруг своей оси. Для удержания свай от вращения, пользуются ломом или аншпугом, продетым через веревочную петлю, которая к свае прикреплена при помощи костыля, забитого в сваю (рис. 4 на лис. 34).

Отклонение свай от вертикального направления может произойти от препятствий, встречающихся в грунте, от кривизны сваи, от неправильного заострения сваи или прикрепления башмака, от неправильной срезки

*) Залогом называется число ударов, сделанных в один прием. При забивке ручным копром число ударов в залоге составляет около 25, в виду необходимости дать рабочим передышку. При забивке машинным и паровым копром, число ударов в залоге не ограничивается этим соображением.

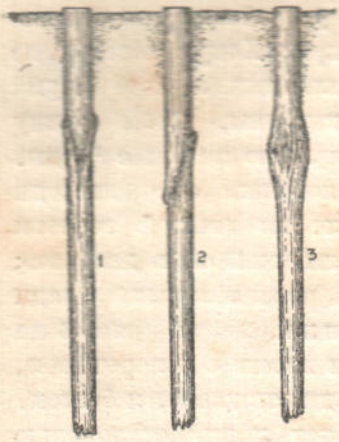
головы сваи и проч. Для направления сваи во время забивки, служат хомуты веревочные, железные и деревянные. Деревянный хомут простейшего типа показан на рис. 3 лис. 34; такое устройство хомута возможно, если свая помещается между стрелами копра. Хомут состоит из двух брусков, снабженных выкружкою, и прикрепляемых к свае двумя болтами. Выкружки в брусках назначаются такой глубины, чтобы между стрелами и концами брусков оставались зазоры шириною не более $^1/_2$ дм. Устройство веревочного хомута, в случае расположения сваи впереди стрел, показано на рис. 5 лист. 34. Хомут состоит из толстой веревки (2 дм. в окружности), завязанной петлею и обхватывающей сваю два раза; в петлю вдевается деревянный брусок (аншпуг), расположенный сзади стрел, которым перекручивают веревку. Железный хомут (рис. 6 на лис. 34) состоит из обруча, обхватывающего сваю, и хвоста с поперечиною, находящеюся сзади стрел. Обруч из железа $2 \times {}^1/_2$ дм. стягивается болтом. Этот хомут, также как и веревочный, препятствует лишь отклонению свай вперед от стрел, которые сами не позволяют свае отклоняться назад.

Ложный отказ. При однородном грунте осадка сваи постепенно уменьшается по мере забивки; внезапная остановка сваи или внезапное уменьшение отказа на такой глубине, когда соседние сваи шли нормально, указывает на неправильный ход сваи. Этот внезапный отказ называется ложным отказом. Ложный отказ может быть вызван быстрым местным сжатием грунта, происходящим от того, что при быстром погружении сваи частицы грунта не успевают переместиться. В таких случаях, опустив бабу на сваю, дают свае „отдохнуть", т. е. частицам грунта дают время переместиться под влиянием статического давления бабы; если причина ложного отказа заключалась именно в этом, то после отдыха свая продолжает идти нормально. Иногда, изменяя быстроту работы бабы, можно прекратить появление ложных отказов. Ложный отказ может быть вызван еще тем, что свая попадает на камень, который при дальнейшей забивке сдвинется или раздробится. Еще одна причина ложного отказа может заключаться в изломе острия сваи или в соскакивании башмака; наконец может лопнуть сама свая; тогда до полного разрушения свая сперва пружинит, а затем она сразу оседает. В этом случае осадки бывают столь велики, что поломка сваи становится очевидною. Вообще при ложном отказе полезно выдернуть сваю и выяснить причину отказа.

Размочаливание головы свай происходит от слишком сильных ударов, от слишком слабой пригонки бугеля или от плохого качества леса. Размочаливанию больше всего подвержены сваи свежей рубки или старой заготовки (более 2 лет). Слабую пригонку бугеля и повреждение головы сваи можно узнать по глухому звуку при ударе бабы о сваю. Если бугель плотно насажен и голова сваи не повреждена, звук получается звонкий. Глухой звук может еще свидетельствовать о дряблости и гнилости сваи, а также о сильной червоточине.

Разрушение свай от недостатков их внутреннего строения. Три характерных вида разрушения свай показаны на фиг. 474. Первые два вида разрушения об'ясняются косослойностью; косые волокна передают усилия не вдоль сваи, а косо, вследствие чего свая разрушается по нак-

лонным поверхностям. Разбухание сваи согласно фиг. 474 (3) об'ясняется слабостью сердцевины, которая не выдерживает ударов, передаваемых ей верхними, зажатыми бугелем, волокнами, и раздавливается, распирая при этом наружные слои сваи. Чаще всего разбухание свай происходит на небольшом расстоянии от головы.



Фиг. 474.

Пучение свай выражается в том, что после удара бабы они снова приподнимаются. Если это явление наблюдается в начале забивки, оно об'ясняется продольным изгибом или пружинностью сваи; если пучение свай наблюдается после их забивки на сравнительно большую глубину, оно об'ясняется упругостью проходимого слоя грунта, при недостаточном трении сваи о грунт. Иногда при забивке свай начинают вылезать из земли соседние сваи. Наиболее действительным средством против пучения свай является забивка свай толстым концом вниз.

§ 71. Зависимость между нагрузкою сваи и ее осадкою.

Временным сопротивлением W сваи будем называть ту нагрузку, которую может нести свая без всякого запаса прочности. Допускаемая нагрузка P на сваю составляет некоторую часть этого сопротивления, а именно

$$P = \frac{W}{\mu} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

где μ—коэффициент запаса, зависящий от способа забивки. При забивке свай машинным копром, коэффициент μ—меньше, чем при забивке ручным копром. Свая сопротивляется действующей на нее нагрузке вследствие трения, возникающего между грунтом и сваею и вследствие того, что свая своим концом опирается на грунт. При расчете сопротивления свай будем иметь в виду только трение.

При забивке сваи постепенно уменьшается ея осадка; при этом возрастает сопротивление сваи или величина нагрузки P, которую может воспринять свая. Зависимость между осадкою и нагрузкою сваи устанавливается эмпирическими или теоретическими формулами. Сперва выведем общую формулу, обнимающую все факторы, сопровождающие забивку свай, затем, вводя в эту формулу то или другое допущение, получим ряд упрощенных теоретических формул.

Обозначим через Q и q — веса бабы и сваи,
l и l_1 — длину сваи и бабы,
ω и ω_1 — площадь поперечного сечения сваи и бабы,
h — высоту падения бабы,
E и E_1 — коэффициент упругости материала сваи и бабы,
c — осадку сваи от одного удара бабы,
W — временное сопротивление сваи или грунта,
P — допускаемую нагрузку на сваю,
μ — коэффициент запаса.

При падении с высоты h баба весом Q производит активную работу $Q \cdot h$. После удара баба вместе со сваею перемещается на величину осадки

c, совершая при этом работу $(Q + q).c$. Сумма этих двух работ дает полную величину активной работы $Q \,.\, h + (Q + q).c$ . . . . . (2)
которая расходуется на преодоление следующих сопротивлений:

1) на преодоление сопротивления W грунта при погружении сваи на c, чему соответствует работа $W \,.\, c$, полагая, что сопротивление W остается постоянным с момента начала движения до полной остановки сваи.

2) на сжатие сваи и бабы; если через λ и λ_1 обозначим укорочение сваи и бабы и будем иметь в виду, что сжимающая сила действует на сваю динамически, то работа, затрачиваемая на сжатие сваи и бабы, выразится так:

$$\frac{W}{2}.\lambda + \frac{W}{2}.\lambda_1 = \frac{W}{2}\left(\lambda + \lambda_1\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

причем укорочения λ и λ_1 имеют следующие значения:

$$\lambda = \frac{W \,.\, l}{E \,.\, \omega}; \qquad \lambda_1 = \frac{W \,.\, l_1}{E_1 \,.\, \omega_1}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (4)$$

так как динамическое сжатие в два раза больше статического. Значения λ и λ_1 вставляем в выражение (3), тогда работа, затрачиваемая на сжатие, будет

$$\frac{W}{2}\left(\frac{W \,.\, l}{E \,.\, \omega} + \frac{W \,.\, l_1}{E_1 \,.\, \omega_1}\right) = \frac{W^2}{2}\left(\frac{l}{E \,.\, \omega} + \frac{l_1}{E_1 \,.\, \omega_1}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

3) на нагревание и на сотрясение грунта; эта работа трудно поддается учету. Обозначим ее через A.

Приравнивая полную активную работу (2) сумме трех пассивных работ сопротивлений, получаем основное уравнение забивки:

$$Q.h + \left(Q + q\right).\, c = W.c + \frac{W^2}{2}\left(\frac{l}{E.\omega} + \frac{l_1}{E_1.\omega_1}\right) + A \; . \; . \; . \; . \; (6)$$

В полученном уравнении сделаем некоторые преобразования. Для этого активную работу $Q \,.\, h$ разбиваем на две части: a) на полезную работу, затрачиваемую на погружение сваи, т. е. на преодоление сопротивления грунта, и b) на безполезную работу, которая затрачивается на сотрясение грунта, на нагревание и т. д. Если обозначим через

M и m — массу бабы и массу сваи,
V — скорость бабы в момент удара,
v — скорость сваи в момент удара ($v = 0$).

$v_0 = \dfrac{M.V + m.v}{M + m} = \dfrac{M \,.\, V}{M + m}$ общую скорость сваи и бабы после удара,

то работу $Q \,.\, h$ можно представить в таком виде:

$$Q \,.\, h = \frac{M \,.\, V^2}{2}, \text{ так как } v = 0 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (7)$$

Та часть этой работы, которая затрачивается на опускание сваи и бабы со скоростью v_0 (полезная работа), составляет[1])

$$\left(M + m\right)\frac{v_0^2}{2} = \frac{M + m}{2} \cdot \frac{M^2 \,.\, V^2}{(M + m)^2} = \frac{M^2 \,.\, V^2}{2\,(M + m)} \; . \; . \; . \; . \; . \; (8)$$

Вычитая (8) из (7), получаем величину безполезной работы, т. е. работы, расходуемой на нагревание, на сжатие сваи, на сотрясение грунта и пр.

[1]) Здесь предполагается, что свая и баба абсолютно тверды. Более точное решение см. Stern. Das Problem der Pfahlbelastung. Berlin 1908. Pag. 143.

$$\frac{M.V^2}{2}-\frac{M^2.V^2}{2(M+m)}=\frac{M.m.V^2}{2(M+m)} \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

Если через g обозначим ускорение силы тяжести, то массы M и m и скорость V можно выразить так:

$$M=\frac{Q}{g}; \qquad m=\frac{q}{g}; \qquad V=\sqrt{2\,g.h} \quad \ldots\ldots (10)$$

Эти значения подставляем в формулы (8) и (9), тогда

$$\text{полезная работа}=\frac{M^2.V^2}{2(M+m)}=\frac{Q^2.h}{Q+q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

$$\text{безполезная работа}=\frac{M.m.V^2}{2(M+m)}=\frac{Q.q.h}{Q+q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

Сумма этих двух работ должна равняться полной работе $Q.h$; действительно

$$\frac{Q^2.h}{Q+q}+\frac{Q.q.h}{Q+q}=\frac{Q.h(Q+q)}{Q+q}=Q.h \quad \ldots\ldots (13)$$

Найденное значение $Q.h$ подставляем в уравнение (6) и получаем в самом общем виде формулу для расчета сопротивления W

$$\underset{\text{1-й}}{\frac{Q^2.h}{Q+q}}+\underset{\text{2-й}}{\frac{Q.q.h}{Q+q}}+\underset{\text{3-й}}{\left(Q+q\right).c}=\underset{\text{4-й}}{W.c}+\underset{\text{5-й}}{\frac{W^2.l}{2.E.\omega}}+\underset{\text{6-й}}{\frac{W^2.l_1}{2.E_1.\omega_1}}+\underset{\text{7-й член}}{A} \quad \ldots (14)$$

В этой формуле приняты во внимание все обстоятельства, которыми сопровождается забивка свай, а потому ее будем называть общею формулою. В виду своей сложности и неопределенности члена A, эта формула неудобна для практических целей. Для ея упрощения, сделан ряд предположений, дающих для определения W более простые формулы.

I. Формула Эйтельвейна (1820 года). Эйтельвейн предположил, что свая и баба сделаны из абсолютно неупругого материала, а потому пренебрегает работою, которая затрачивается на упругое сжатие сваи и бабы, т. е. пренебрегает 2-м, 5-м и 6-м членами, кроме того,—неопределенным членом A общей формулы (14). Такое предположение дает

$$\frac{Q^2.h}{Q+q}+\left(Q+q\right).c=W.c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

откуда

$$W=\frac{Q^2.h}{(Q+q).c}+\left(Q+q\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

Эта формула очень часто применяется на русских железных дорогах и дает хорошие результаты, если осадка c сваи не особенно мала ($c>{}^1/_4$ дм.), т. е. когда работа, идущая на сжатие сваи, мала по сравнению с полезною работою.

2. Голландская формула получается из формулы Эйтельвейна, если отбросить последний член:

$$W=\frac{Q^2.h}{(Q+q).c} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (17)$$

Пользуясь этою формулою, коэффициент запаса μ назначают $=6$. На практике эта формула встречается довольно часто.

3. Дальнейшее упрощение формулы получим, если положим вес сваи $q=0$, тогда

$$W=\frac{Q.h}{c} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (18)$$

Хороших результатов эта формула дать не может. Коэффициент запаса μ принимают от 15 до 100. При таких неопределенных результатах, эта фор-

мула не заслуживает внимания. При $c = 0$, получаем $W = \infty$, что является прямым следствием предположения Эйтельвейна о несжимаемости сваи.

4. **Формула Веллингтона.** Формулы 17 и 18 имеют тот недостаток, что при очень малых осадках c значение W непомерно увеличивается. Чтобы исправить этот недостаток, в Америке прибавляют к знаменателю 1 дм., а в числитель вводят поправочный опытный коэффициент. По Веллингтону [1]) этот коэффициент равен 2, а потому $W = \frac{2.Q.h}{c+1}$ . . . . . (19)

причем c и h выражаются в дюймах. Коэффициент запаса μ принимают около 6. Эта эмпирическая формула дает хорошие результаты. В рассмотренных четырех формулах пренебрегалось упругостью сваи и бабы. Из формул, в которых принимается во внимание упругость сваи, заслуживает внимания формула Вейсбаха.

5. **Формула Вейсбаха** получается из общей формулы (14), если пренебречь 3-м, 6-м, 7-м членами [2]).

$$\frac{Q^2.h}{Q+q} + \frac{Q.q.h}{Q+q} = W.c + \frac{W^2.l}{2.E.\omega} = Q.h \quad . \; . \; . \; . \; (20)$$

откуда $$W = \frac{E.\omega.c}{l}\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2.h.l.Q}{E.\omega.c^2}}\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (21)$$

К той-же группе относятся формулы Ренкина, Редтенбахера и др. Останавливаться на этих формулах не будем, так как предположения, делаемые при их выводе, внушают сомнения.

Сравнение формул. Из всех приведенных формул наибольшее значение имеют только три, а именно: формулы Эйтельвейна, Веллингтона и Вейсбаха. Для сравнения этих формул, расчитаем по ним сопротивление W для трех случаев, соответствующих разным диаметрам и длинам свай, полагая при этом, что в I и II случаях сваи имеют один и тот же вес. В каждом из 3-х случаев сопротивление W расчитано для малой осадки $c = {}^1/_{10}$ дм. и для большой осадки $c = {}^1/_2$ дм.

Таблица сопротивлений W сваи в пудах, расчитанных по трем формулам, при высоте падения бабы $h = 60$ дм. и коэффициенте упругости дерева $E = 50000$ пуд. на дм.^{2}

		I случай.		II случай.		III случай.	
Вес бабы		$Q = 40$ пуд.		$Q = 40$ пуд.		$Q = 60$ пуд.	
Вес сваи		$q = 20$ пуд.		$q = 20$ пуд.		$q = 40$ пуд.	
Длина сваи		$l = 3$ саж.		$l = 6{,}5$ саж.		$l = 6$ саж.	
Диаметр сваи		$d = 7^1/_2$ верш.		$d = 5$ верш.		$d = 7^1/_2$ верш.	
Формула.	№№ формулы.	$c = \frac{1}{10}$ дм.	$c = \frac{1}{2}$ дм.	$c = \frac{1}{10}$ дм.	$c = \frac{1}{2}$ дм.	$c = \frac{1}{10}$ дм.	$c = \frac{1}{2}$ дм.
Эйтельвейна	16	16100	3300	16100	3300	21700	4400
Вейсбаха	21	9000	4200	4800	3100	8500	5300
Веллингтона	19	4400	3200	4400	3200	6600	4800

[1]) Engineering News 1892, Pag. 469, а также Foster A. Treatise on wooden bridges, Pag. 14. New Jork 1904.

[2]) Вводя полную активную работу $Q\,h$, Вейсбах полагает сваю и бабу абсолютно упругими.

Из таблицы видно, что по Эйтельвейну, при малой осадке $c = {}^1/_{10}$ дм. значения W получились значительно больше, чем по другим формулам. Об'ясняется это тем, что Эйтельвейн определяет сопротивление сваи на основании только той части активной работы, которая расходуется собственно на погружение сваи. При большой осадке $c = {}^1/_2$ дм. значения по Эйтельвейну очень близки к значениям W по другим формулам. Отсюда следует, что формулою Эйтельвейна нельзя пользоваться при малых осадках (меньше ${}^1/_4$ дм.). Для значений $c < {}^1/_4$ дм. следует применять формулу Вейсбаха, которая учитывает работу, идущую на сжатие сваи. Значения W, расчитанные по формуле Эйтельвейна, получились одинаковыми в I и II случае, несмотря на то, что диаметр свай и их длина—различны. То-же самое относится к формуле Веллингтона. Этот недостаток формул Эйтельвейна и Веллингтона об'ясняется тем, что в них фигурирует только вес, а не размеры сваи. В этом отношении формула Вейсбаха лучше, так как в нее входит сечение ω сваи и ея длина l; поэтому в I и II случае получаются разные W. Рассматривая I и V графы таблицы, мы видим, что для свай одинакового диаметра, но разной длины, забитых бабами разного веса при одинаковой высоте падения, формула Вейсбаха дает почти одинаковые сопротивления (9000 и 8500) для одной и той же осадки c; в этом заключается недостаток формулы Вейсбаха; но принимая во внимание, что формула Вейсбаха обнимает большую часть явлений, сопровождающих удар бабы о сваю, можно рекомендовать применение этой формулы. Для упрощения расчета, при осадке $c < {}^1/_4$ дм., можно пользоваться формулою Эйтельвейна, которая в этом случае дает хорошие результаты.

Зависимость между допускаемою нагрузкою сваи и ея осадкою. Во всех рассмотренных формулах W обозначает временное сопротивление сваи. Допускаемая нагрузка P на сваю составляет некоторую часть сопротивления W, а именно:

$$P = \frac{1}{\mu} . W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (22)$$

где μ—коэффициент запаса или отношение временного сопротивления сваи к допускаемой на нее нагрузке. Вводя в формулу (22) значение W по формуле (16), получаем формулу Эйтельвейна для допускаемой нагрузки P на сваю:

$$P = \frac{W}{\mu} = \frac{Q^2 . h}{\mu . c\,(Q + q)} + \frac{Q + q}{\mu} \quad \ldots\ldots\ldots (23)$$

Если свая забивается с подбабком весом q_1, эта формула получает такой вид

$$P = \frac{Q^2 . h}{\mu . c\,(Q + q + q_1)} + \frac{Q + q + q_1}{\mu} \quad \ldots\ldots\ldots (24)$$

причем коэффициент запаса μ увеличивают на 25%. В формулах (23 и 24) обозначает

P в пудах—допускаемую нагрузку сваи
Q, q и q_1 в пудах—вес бабы, сваи и подбабка,
h в саж.—высоту падения бабы,
c в саж.— осадку сваи от одного удара[4]),
μ — коэффициент запаса = 8 до 20 при ручном копре и
= 4 до 8 при машинном копре.
= 4 до 6 при паровом копре.

[4]) Величина c получается, если осадку, соответствующую всему залогу, разделить на число ударов в залоге.

Формулы (23 и 24) пригодны и для метрических мер. При забивке наращенных свай, наращивающая часть рассматривается, как подбабок, и для определения P пользуются формулою (24).

Пользуясь этими формулами, можно по измеренной осадке c расчитать величину нагрузки P, которую можно допустить на сваю. Чаще всего на практике приходится решать обратную задачу, т. е. определять расчетом ту осадку c, до которой надо забить сваю для того, чтобы она могла выдержать приходящуюся на нее нагрузку. В этом случае формулы Эйтельвейна надо привести к c:

$$c = \frac{h \,.\, Q^2}{(Q+q)\,[P \,.\, \mu - (Q+q)]} \quad \ldots\ldots\ldots (25)$$

Если свая забивается с подбабком весом q_1:

$$c = \frac{h \,.\, Q^2}{(Q+q+q_1)\,[P \,.\, \mu - (Q+q+q_1)]} \quad \ldots\ldots\ldots (26)$$

По вопросу о величине коэффициента запаса μ мнения крайне разнообразны. Вообще коэффициент μ должен быть тем больше, чем меньше высота падения бабы и чем больше упругость грунта. Назначение слишком высоких коэффициентов запаса нежелательно, так как это влечет за собою увеличение забивки, при которой легко вызвать перенапряжение сваи выше предела упругости. В формуле Эйтельвейна коэффициент μ принимают равным 4 до 8, при забивке свай машинным копром и $\mu = 8$ до 20, при забивке свай ручным копром. В технических условиях Средне-Сибирской железной дороги было принято $\mu = 8$ при машинном и $\mu = 20$ при ручном копре с тем, чтобы в последнем залоге число ударов было не менее 10—при машинном копре и не менее 25—при ручном.

На русских железных дорогах чаще всего применяют формулу Эйтельвейна; поэтому по ней мы расчитали три таблицы, соответствующие случаям забивки свай ручным, машинным и паровым копром. По этим таблицам можно определить требуемую осадку сваи, если известны нагрузка сваи, ея длина и диаметр, вес и под'ем бабы. Для ручного копра осадки соответствуют 30 ударам бабы, а для машинного и парового копра—только 10 ударам. Если голова сваи размочалена, то осадка получается примерно на 50%, меньше, чем указано в таблице. Однако перед измерением осадки лучше отпилить размочаленный конец сваи. Если нагрузка или размеры сваи не соответствуют значениям, указанным в таблице, можно определять осадку путем интерполяции.

Формулы Эйтельвейна (23 до 26) пригодны только в тех случаях, если осадка свай больше $^1/_4$ дм.

Если осадка $c < {}^1/_4$ дм., допускаемую нагрузку P следует определить по формуле Вейсбаха, которую получаем по формуле (21), введя в нее коэффициент запаса μ:

$$P = \frac{W}{\mu} = \frac{E.\omega.c}{\mu\,.\,l}\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2.h.l.Q}{E.\omega.c^2}}\right] \quad \ldots\ldots (27)$$

Для выбора коэффициента μ можно воспользоваться указаниями Ренкина, данными для его формулы, очень близко подходящей к формуле Вейсбаха. Ренкин рекомендует принимать

$\mu = 10$, если напряжение $W/\omega = 55$ пуд. на дм.^{2}
$\mu = 3$, если напряжение $W/\omega = 81$ „ „ „

Осадки от 30 ударов в сотках сажени при забивке ручным копром. Высота падения бабы $h = 0,6$ саж. Коэффициент запаса $\mu = 10$.

Нагрузка сваи пуд.	Диаметр сваи вершков	Длина сваи саж.	Вес бабы		
			20 пуд.	30 пуд.	40 пуд.
500	5	3	3,8	6,8	10,1
		4	3 2	6,0	8,9
		5	2,6	5,0	7,7
750	5	3	2,5	4,5	6,7
		4	2,1	3,9	5,9
		5	1,7	3,3	5,0
	6	3	2,1	3,9	5,9
		4	1,7	3,3	5,1
		5	1,4	2,8	4,4
1000	5	3	1,9	3,4	5,0
		4	1,6	2,9	4,4
		5	1,3	2,5	3,8
	6	3	1,6	3,0	4,4
		4	1,3	2,5	3,7
		5	1,1	2,1	3,2
	7	3	1,4	2,6	4,0
		4	1,1	2,1	3,6
		5	0,9	1,8	2,9
1250	6	3	1,3	2,4	3,5
		4	1,0	2,0	2,9
		5	0,8	1,7	2,6
	7	3	1,1	2,1	3,1
		4	0,9	1,7	2,7
		5	0,7	1,4	2,3
1500	6	3	1,1	2,0	3,0
		4	0,8	1,4	2,2
		5	0,7	1,3	2,1
	7	3	0,9	1,7	2,6
		4	0,7	1,4	2,2
		5	0,6	1,2	1,9

Осадки от 10 ударов в сотках саж. при забивке машинным копром. Высота падения бабы $h = 1$ саж. Коэффициент запаса $\mu = 5$.

Нагрузка сваи пуд.	Диаметр сваи вершков	Длина сваи саж.	Вес бабы		
			40 пуд.	50 пуд.	60 пуд.
500	5	3	11,2	15,1	19,0
		4	10,0	13,6	17,3
		5	8,7	12,0	15,6
750	5	3	7,5	10,0	12,6
		4	6,6	8,8	11,4
		5	5,7	7,9	10,2
	6	3	6,7	9,1	11,8
		4	5,8	8,0	10,3
		5	5,0	7,0	9,2
1000	5	3	5,5	7,4	9,3
		4	4,9	6,6	8,4
		4	4,2	5,8	7,5
	6	3	4,9	6,7	8,5
		4	4,3	5,9	7,6
		5	3,8	5,1	6,7
	7	3	4,4	6,0	7,8
		4	3,7	5,2	6,8
		5	3,1	4,5	5,9
1250	6	3	4,0	5,4	6,8
		4	3,5	4,8	6,1
		5	3,0	4,1	5,4
	7	3	3,6	4,9	6,1
		4	3,0	4,3	5,6
		5	2,6	3,6	4,8
1500	6	3	3,2	4,5	5,7
		4	2,9	4,0	5,1
		5	2,5	3,5	4,5
	7	3	2,9	4,0	5,2
		4	2,5	3,5	4,6
		5	2,1	3,0	4,0

Осадка от 10 ударов в сотках саж. при забивке паровым копром. Коэффициент запаса $\mu = 5$.

Нагрузка сваи P пуд.	Диаметр сваи вершков	Длина сваи саж.	Вес бабы 60 пуд.		Вес бабы 75 пуд.		Вес бабы 90 пуд.	
			Высота падения h					
			0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
			саж.		саж.		саж.	
500	5	3	7,6	9,5	9,9	12,3	12,5	15,7
		4	7,0	8,7	9,5	11,8	11,7	14,6
		5	6,3	7,8	8,5	10,6	10,8	13,5
750	5	3	5,0	6,3	6,7	8,4	8,2	10,3
		4	4,6	5,7	6,2	7,8	7,7	9,7
		5	4,1	5,1	5,6	7,0	7,2	9,0
	6	3	4,6	5,8	6,2	7,8	7,8	9,7
		4	4,0	5,2	5,7	7,1	7,2	8,9
		5	3,8	4,7	5,1	6,3	6,5	8,1
1000	5	3	3,8	4,7	4,9	6,2	6,2	7,7
		4	3,4	4,3	4,6	5,7	5,8	7,2
		5	3,1	3,8	4,2	5,3	5,3	6,6
	6	3	3,5	4,3	4,6	5,8	5,8	7,2
		4	3,1	3,8	4,2	5,3	5,3	6,6
		5	2,7	3,4	3,8	4,7	4,2	6,0
	7	3	3,1	3,9	4,3	5,3	5,4	6,7
		4	2,8	3,5	3,8	4,8	4,9	6,1
		5	2,4	3,0	3,4	4,2	4,4	5,5
1250	6	3	2,8	3,2	3,7	4,6	4,6	5,7
		4	2,5	3,1	3,3	4,2	4,2	5,3
		5	2,2	2,7	3,0	3,7	3,8	4,8
	7	3	2,5	3,1	3,4	4,3	4,3	5,4
		4	2,2	2,8	3,0	3,8	3,9	4,9
		5	1,9	2,4	2,7	3,4	3,5	4,4
1500	6	3	2,3	2,9	3,1	3,8	3,8	4,8
		4	2,0	2,6	2,8	3,5	3,5	4,4
		5	1,8	2,3	2,5	3,1	3,2	4,0
	7	3	2,1	2,6	2,8	3,5	3,6	4,5
		4	1,8	2,3	2,5	3,2	3,2	4,1
		5	1,7	2,2	2,4	3,0	3,0	3,7

Для значений W/ω между 55 и 81 коэффициент μ находится по интерполяции, причем W обозначает временное сопротивление сваи в пудах, расчитанное по формуле (21), а ω—площадь поперечного сечения сваи в дм.^{2}. Решая формулу (27) или лучше (20) по c, получаем формулу Вейсбаха для допускаемого отказа в том случае, если задана нагрузка P на сваю:

$$c = \frac{Q \cdot h}{\mu \cdot P} - \frac{\mu \cdot P \cdot l}{2 \cdot E \cdot \omega} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

При большом значении P и малом Q эта формула может дать отрицательное значение c.

Размочаливание головы сваи и его влияние на забивку. При расчете отказа свай можно вводить в расчет полную высоту h падения бабы только в том случае, если сила удара ничем не ослабляется, что неизбежно происходит в тех случаях, когда баба подскакивает после удара, и когда голова сваи размочалена. Если баба подскакивает, высоту h падения следует уменьшить, по крайней мере, на удвоенную высоту подскакивания бабы. Если же голова сваи размочалена (на $^1/_2''$ до $1''$), сила удара значительно ослабляется, приблизительно на 50% до 75%. В этом случае нельзя поверять отказ ни по одной из вышеуказанных формул и перед поверочным залогом безусловно необходимо спилить размочаленную верхушку сваи. Насколько вредно размочаливание головы сваи, усматривается из следующего примера забивки сваи паровым копром (Engineering News. 1891. Pag. 185). В табличке выписаны числа ударов, которые потребовались для забивки 3-го, 6-го, 9-го . . . 22-го погонного фута сваи, и ясно видно, как после каждой срезки размочалившейся верхушки, сразу уменьшалось число ударов, которые потребовались для забивки следующего фута.

Для забивки	3-го фута	6-го фута	9-го фута	12-го фута	14-го фута	Размочаленная голова сваи была срезана	15-го фута	18-го фута	Размочаленная голова сваи была срезана вторично	19-го фута	22-го фута
потребовалось следующее число ударов . .	5	29	61	153	684		275	825		213	378

Общее число ударов, потребовавшихся для забивки сваи = 5228. Параллельно забивалась другая свая без срезки размочаленной головы, причем для ея забивки на ту же глубину потребовалось 9923 удара, т. е. почти вдвое больше, чем для первой сваи. Итак, срезка размочаленной головы сваи безусловно полезна. Чтобы избежать возможных злоупотреблений при забивке свай подрядным способом, следует безусловно воспретить срезку верхушек забитых свай без ведома технического надзора.

§ 72. Определение числа и длины свай.

Для определения числа и размеров свай, потребных для устройства свайного фундамента или свайной опоры, должно быть прежде всего известно общее давление, передающееся всем сваям опоры; прочие данныя, необходимые для расчета, добываются путем забивки пробных свай.

При расчете свай можно преследовать две цели: задавшись числом свай, ищут их длину, или наоборот, задавшись длиною свай, ищут их число. В первом случае забивкою пробных свай мы определяем глубину, на которую надо забить сваи для того, чтобы они выдержали определенную нагрузку; во втором случае забивкою пробных свай мы определяем величину нагрузки, которую может выдержать свая, забитая на определенную глубину. Рассмотрим ход расчета свай в том и другом случае.

I. Случай. Задано число n свай. По известному нам общему давлению R опоры, расчитываем нагрузку $P = \frac{R}{n}$, приходящуюся на одну сваю[1]. По нагрузке P и по известным нам весу и высоте падения бабы, определяем из таблиц величину осадки; затем забиваем пробную сваю до тех пор, пока она даст указанную осадку. По измеренной глубине забивки пробной сваи определяем необходимую длину свай, и заготовляем сваи такой длины.

Пример. Определить длину свай для устройства мостового быка, высотою 1,5 саж. Наибольшее давление быка = 6000 пуд. По конструктивным соображениям принимаем 8 коренных свай диаметром 6 верш.; тогда на каждую из них приходится давление в $\frac{6000}{8} = 750$ пуд. Для ручного копра, которым будут забиваться пробные сваи, известны вес бабы $Q = 30$ пуд. и высота ея падения $h = 0{,}6$ саж. Диаметр сваи в 6 верш. также известен, а длиною сваи пока задаемся, принимая ее = 3 саж. По всем этим данным из первой таблицы определяем величину осадки от 30 ударов, а именно 3,9 сотки. Приступаем к забивке пробной сваи и продолжаем ее до тех пор, пока от залога в 30 ударов свая даст осадку в 3,9 сотки. Затем измеряем общую глубину забивки пробной сваи и получаем 1,9 саж. Прибавляя высоту быка в 1,5 саж., получаем необходимую длину свай, а именно $1{,}9 + 1{,}5 = 3{,}4$ саж.

II. Случай. Задана длина свай. Это имеет место в том случае, когда опору приходится строить из ранее заготовленных свай. По длине этих свай и по высоте опоры определяем ту глубину, до которой можно забить сваи. Пробную сваю забиваем до такой именно глубины; при последнем залоге измеряем осадку сваи и по этой осадке определяем нагрузку P_1, какую может выдержать свая. Разделяя общее давление R опоры на P_1, получаем искомое число свай.

Пример. На складе имеется 6 верш. сваи длиною 3 саж. Сколько таких свай потребуется для постройки мостового быка высотою 1,4 саж., который несет нагрузку в 6000 пудов. При высоте быка в 1,4 саж., имеющиеся сваи длиною 3 саж. можно забить на глубину $3 - 1{,}4 = 1{,}6$ саж. Одну из этих свай, в качестве пробной, забиваем на эту глубину в 1,6 саж., пользуясь машинным копром с бабою весом 50 пудов., падающею с высоты 1 саж. По произведенному измерению, последние 10 ударов дали осадку,

---

[1]) Согласно § 1 Гл. VI Отд. IV Свода распоряжений М. П. С., при расчете свайных фундаментов, можно допускать следующие максимальные нагрузки на сваи:

	до 700	до 1000	до 1400	до 1800	пудов
При диаметре свай	5	6	7	8	вершк.

пробной сваи в 8 соток. Из второй таблицы осадок видно, что при диаметре сваи в 6 верш., при длине сваи в 3 саж. и при весе бабы в 50 пуд., осадке в 9,1 сотки соответствует нагрузка сваи в 750 пудов., а осадке в 6,7 сотки—нагрузка в 1000 пуд. Интерполируя, получаем, что измеренной осадке пробной сваи в 8 соток соответствует нагрузка в 865 пуд. Итак на каждую сваю быка можно допустить давление в 865 пуд., а так как общая нагрузка быка = 6000 пуд., то требуемое число свай $= \frac{6000}{865} = 7$.

§ 73. Выдергивание и удаление свай.

Для удаления свай, находящихся в воде, можно применять разные способы, в зависимости от того, требуется ли сохранение материала свай в целости или нет. Если ставится условие сохранить материал, сваи выдергиваются. Если для упрощения работы решено пожертвовать материалом, спиливают сваи под водою или ломают их при помощи лебедки. Спиливание неудобно тем, что требуется устройство специальной подводной пилы и работа ею подвигается медленно. Гораздо проще и скорее ломать сваи при помощи каната, который привязывается к верхнему концу сваи и натягивается лебедкою, установленною на берегу, на плоте или на барже, удерживаемых якорями.

Выдергивание свай. Процесс выдергивания распадается на две части: сперва надо нарушить сцепление сваи с грунтом, т. е. сдвинуть сваю с места, а затем надо вытащить сваю на поверхность воды или земли. Для захвата головы сваи применяются разные приемы, смотря по тому, находится ли голова сваи под водою или над водою: 1) через дыру, просверленную в свае, пропускают железный штырь, служащий для прикрепления каната или цепи (рис. 9 на лис. 34); 2) свая захватывается клещами, которые бывают двух типов согласно рис. 9 на лис. 34. Клещи согласно рис. 9-*c* весят до 1 пуда, а клещи согласно рис. 9-*d*—до 3 пуд. Выдергивание свай производится следующими приспособлениями:

1) Ваги. Простейшая вага представляет из себя сваю, снабженную на одном конце железным крюком (рис. 8 на лис. 34). Для под'ема свободного конца ваги служит тренога с прикрепленным к ея вершине блоком (рис. 8 на лис. 34). Подняв длинный конец ваги, к крюку прикрепляют цепь или канат, привязанный к свае; затем опускают длинный конец ваги усилием рабочих, тянущих за веревки. Обыкновенно свая трогается с места только после нескольких таких качаний. После этого над сваею ставят высокую треногу с блоком и при помощи каната поднимают сваю на поверхность земли и воды. Усовершенствованная вага показана на рис. 12 лис. 34. Она имеет шарнирную опору из цилиндрической железной цапфы, укрепленной на деревянной раме, и из железных вилок, прикрепленных к ваге сбоку и опирающихся на цапфу. Чтобы изменять длину короткого плеча, таких вилок имеется две пары: одна пара на расстоянии одного, а другая—на разстоянии двух фут от конца ваги. Короткий конец ваги не имеет крюка, как в предыдущем случае, а цепь, привязанная к свае, захватывается канатом *a b c d e f*, один конец которого привязан к концу *c*, прикрепленному к ваге. Чтобы выдернуть сваю, длинный конец ваги под-

нимают при помощи блока, подвешенного к треноге; затем при помощи лебедки или ворота натягивают канат *a b c d e f* и вместе с ним цепь от сваи; после этого усилием рабочих опускают вагу. С первого раза свая обыкновенно не трогается и приходится повторять этот маневр несколько раз. Для ускорения работы, вагу опирают теми вилками, которые дальше от короткого конца ваги.

2) Домкраты. Для выдергивания свай удобнее всего применять винтовые домкраты в количестве двух или четырех, смотря по их под'емной силе. Домкраты устанавливаются на подмостях или на судах. Разсмотрим пример установки четырех домкратов на двух судах (рис. 11 на лис. 34). Оба судна перекрыты рамою из брусьев, на которой установлено четыре винтовых домкрата. На домкраты опирается два бруса *aa* и *bb*; поддерживающие клетку из брусков *cc* и *dd*, к которым привязывается цепь от сваи.

3) Лебедки. При выдергивании свай лебедками, оне устанавливаются над сваями или на одном уровне с головою свай. В первом случае над сваями должны быть устроены подмости для установки лебедки, причем цепь от свай непосредственно наматывается на барабан лебедки. В случае установки лебедок на одном уровне с головою свай, цепь от сваи пропускают через систему блоков, для укрепления которых устраивается деревянный станок на подобие копровых станков (рис. 10 на лис. 34). В этом случае выдергивание сваи лучше всего производить двумя лебедками с установкою двух станков.

4) Для выдергивания свай, находящихся в воде, можно пользоваться под'емною силою воды. Два легких судна устанавливаются по обе стороны сваи, связываются между собою брусьями и затопляются до бортов; прикрепив сваю к брусьям, выкачивают воду из судов, вследствие чего суда подымаются и выдергивают сваю (рис. 7 на лис. 34). Этот способ дает хорошие результаты.

При разработке приспособления для выдергивиния свай можно исходить из того, что сопротивление сваи выдергиванию составляет около 200 пудов.

ДЕРЕВЯННЫЕ ОПОРЫ.

В зависимости от положения опор, различаем промежуточные опоры или быки, и концевые опоры или устои. Смотря по устройству, различаем следующие типы опор. 1. Свайные опоры, состоящие из забитых в грунт свай и элементов, приводящих сваи в неизменяемую систему. 2. Рамные опоры, состоящие из отдельных рам, расположенных рядом или одна на другой. 3. Ряжевые опоры. 4. Клеточные опоры.

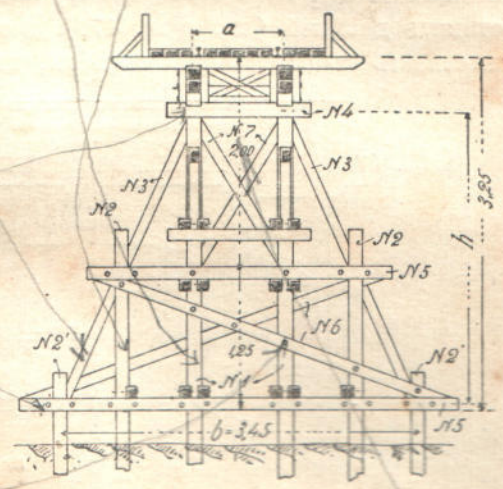
ГЛАВА XIII.

СВАЙНЫЕ ОПОРЫ.

Из всех деревянных опор свайные опоры являются наиболее совершенными по прочности и долговечности; кроме того свайные опоры меньше

других стесняют живое сечение реки и требуют меньше материала для их изготовления.

Названия частей опоры (фиг. 475). В состав опоры могут входить следующие элементы: № 1—коренные сваи, воспринимающие и передающие грунту вертикальную нагрузку; № 2—откосные сваи, служащие для упора укосин; № 2—крайние откосные сваи, поддерживающие нижний конец укосин; № 3—укосины, сообщающие опоре боковую жесткость и устойчивость против боковых сил; № 4—насадка, нарубаемая на головы коренных свай, связывает их поперек моста и распределяет нагрузку между всеми коренными сваями; № 5 — горизонтальные схватки для связи свай поперек моста и для уничтожения горизонтального распора, вызываемого укосинами; очень часто горизонтальными схватками пользуются для наращивания свай; № 6—диагональные схватки или полусхватки, приводящие части опор в треугольную систему и № 7—распорные кресты, располагаемые в плоскости коренных свай. Высотою h быка будем называть расстояние между насадкою и нижнею горизонтальною схваткою.



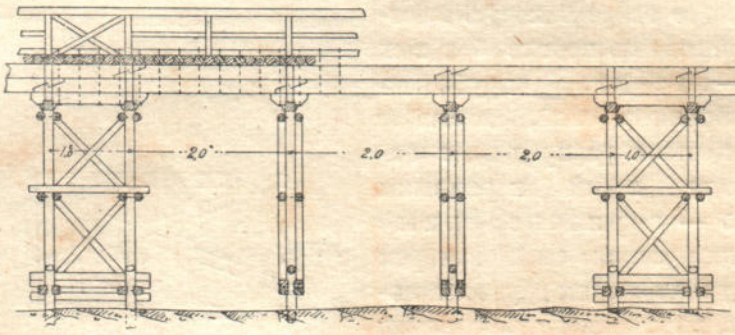
Фиг. 475.

Коренные сваи. Основными частями опоры являются коренные сваи; так мы будем называть те сваи, которые расположены непосредственно под прогонами, или, вообще, в пределах ширины мостового полотна. В свайных опорах коренные сваи доходят вплоть до насадки. Поперечные сечения коренных свай показаны на фиг. 134 и могут состоять из 1 до 6 одиночных свай. Число бревен в свае зависит от нагрузки, от качества грунта и глубины забивки свай. В грунтах каменистых и слабых число бревен в свае принимают больше, чем в грунтах обычной плотности, с тем, чтобы уменьшить глубину забивки—в первом случае и распределить нагрузку сваи на большую площадь — во втором случае. Бревна, составляющие коренную сваю, располагаются вплотную между собою, или с зазором. Последний устраивается для пропуска горизонтальных и диагональных схваток. Величина зазора принимается сообразно с размерами этих схваток.

§ 74. Типы свайных быков.

Смотря по числу поперечных рядов, в которых размещены сваи опоры, различаем одиночные и двойные быки. Одиночные быки имеют только один поперечный ряд свай, причем сваи могут быть одиночные или составленные из двух или более бревен. Двойные быки состоят из двух широко раздвинутых поперечных рядов свай; каждый ряд приводится самостоятельно в треугольную систему и с соседним рядом связывается продоль-

ными и диагональными схватками или распорными крестами, расположенными вдоль моста. При высоте насыпи до $3^1/_2$ саж. и при балочных прогонах, не производящих горизонтального распора, или при подкосных фермах с затяжкою, все быки по длине моста могут быть одиночные. При высоте насыпи от $3^1/_2$ до 5 саж., после каждых двух одиночных быков следует ставить двойной бык (фиг. 476). Двойные быки сообщают мосту продольную жесткость по отношению к силам, направленным вдоль моста (сила торма-



Фиг. 476.

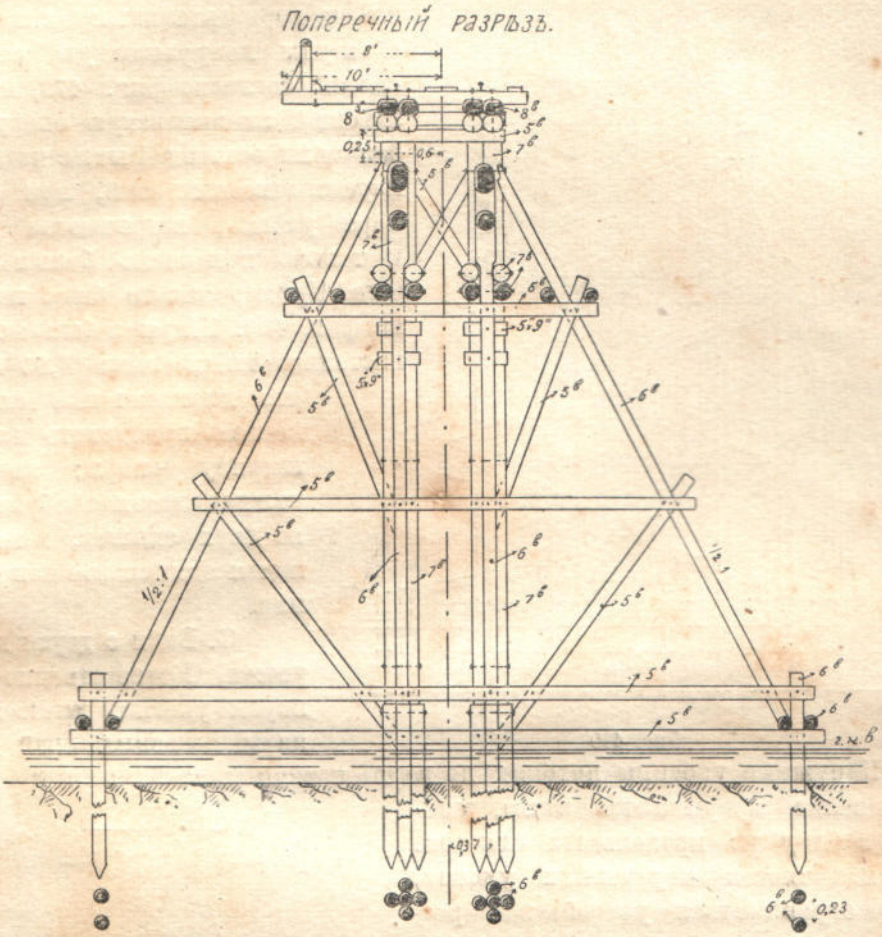
жения, давление земли). При высоте насыпи от 5 до 6 саж. двойные быки ставятся после каждого одиночного быка, с тем, чтобы обеспечить мосту не только продольную жесткость, но и поперечную по отношению к боковому давлению ветра, действию центробежной силы при положении моста на кривой и т. д. При высоте насыпи больше 6 саж. все быки устраиваются двойными, ибо иначе жесткость моста в продольном и поперечном направлении не будет обеспечена. Для увеличения продольной жесткости, быки соединяются продольными схватками, расположенными по высоте опор, на расстоянии 2 саж. одна от другой. Двойные быки применяются и при небольшой высоте насыпи в том случае, когда на уровне пят подкосов нельзя поместить затяжки для уничтожения распора.

В зависимости от числа укосин и откосных свай, можно различать быки без укосин, с одною парою укосин, с двумя и, наконец, с тремя парами укосин.

А. Быки без укосин (рис. 1 на лис. 35 и 36 атласа) применяются при очень малой высоте насыпи и состоят из одного или двух поперечных рядов свай с нарубленными на их головы насадками.

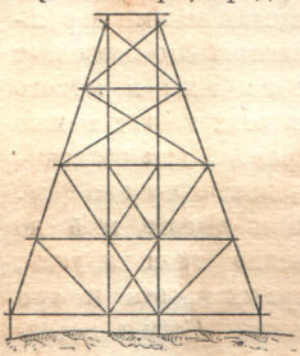
В. Быки с одною парою укосин. Жесткость и устойчивость быка поперек моста достигается устройством укосин, которые нижним концом упираются в откосные сваи (фиг. 475). В месте сопряжения укосины с откосною сваею помещается горизонтальная схватка для уничтожения распора, вызываемого давлением наклонной укосины. Число откосных свай зависит от высоты опоры и той жесткости, которую желают придать опоре. При низких опорах устраивают одну пару откосных свай, а при большей высоте опоры—две и более пар откосных свай. Быки с одною парою откосных свай и одною горизонтальною схваткою применяются при высоте до 2,5 саж. (рис. 2 на лис. 35). При высоте от 2,5 до 4,5 саж. добавляют еще одну горизонтальную схватку (рис. 3 на лис. 35 и 36). При высоте больше 4,5 саж. добавляют

третью горизонтальную схватку и вторую пару откосных свай (рис. 4 на лис. 35). Тип быков, применявшихся на Забайкальской ж. д., показан на фиг. 477. Несмотря на большую высоту около 6 саж., имеется только одна пара откосных свай. Коренные сваи из пяти бревен, на уровне, ле-

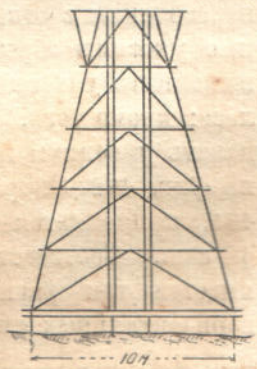


Фиг. 477.

жащем немного выше горизонта низких вод, переходят в стойку из четырех бревен, из которых два, диаметром 7 вер., продолжены до насадки, а два диам. 9 вер.—до пят подкосов. Упорные сваи и укосины—парные. В треугольную систему элементы опоры приведены раскосами из 5 верш. бревен, зажатыми между бревнами укосин. Между коренными стойками имеется распорный крест только в верхнем ярусе. В других ярусах крестов нет, так как стойки состоят из 4-х бревен. Ширина основания $b = h + a$, где h — высота опоры, а a — расстояние между осями коренных свай. При

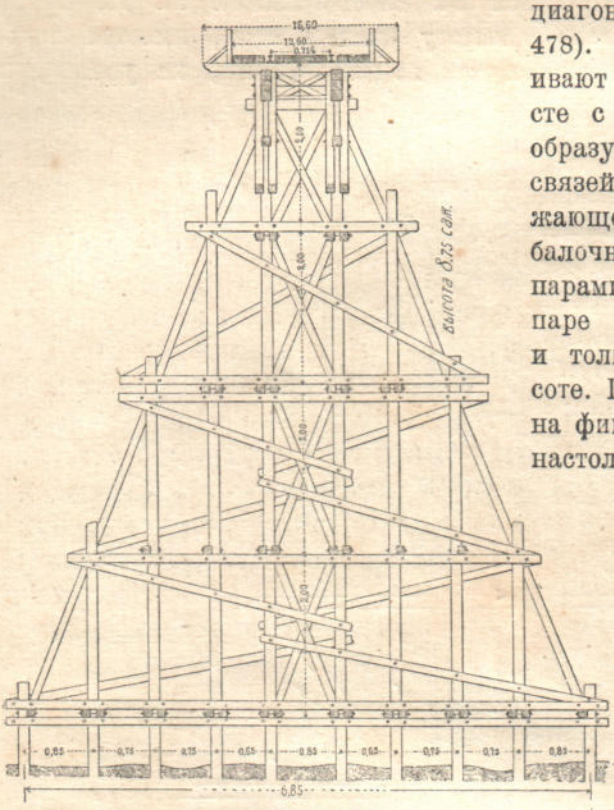


Фиг. 478.



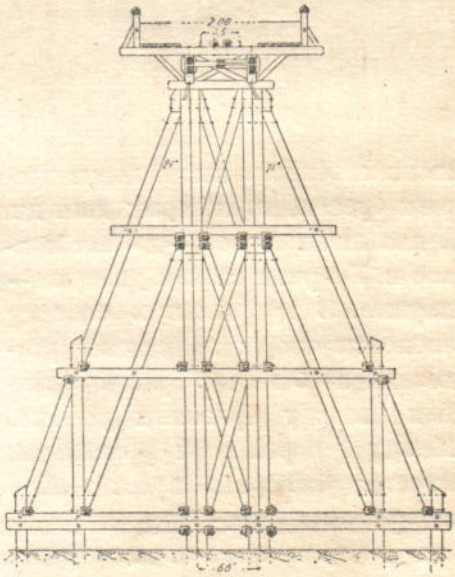
Фиг. 479.

одиночных или парных коренных сваях большой высоты, необходимо устраивать между ними связи жесткости, в виде распорных крестов или диагональных полусхваток (фиг. 478). Вместо этого иногда устраивают полудиагонали, которые вместе с горизонтальными схватками образуют полураскосную систему связей, согласно фиг. 479, изображающей американскую опору для балочных эстакад. Быки с четырьмя парами откосных свай, при одной паре укосин, встречаются редко и только при очень большой высоте. Пример такого быка показан на фиг. 480. Ширина быка по низу настолько значительна (6,85 саж.), что диагональные схватки нельзя пропустить во всю ширину опоры; поэтому, каждая диагональ образована из двух схваток, имеющих почти одинаковое направление.

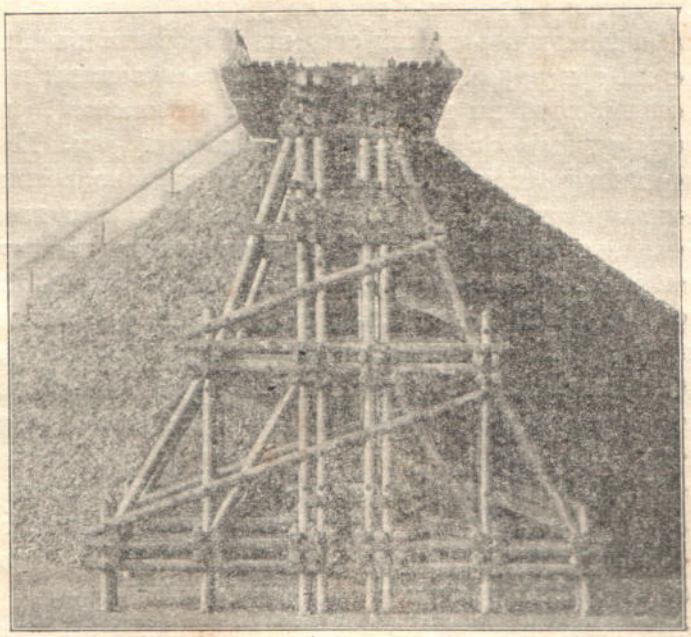


Фиг. 480.

С. Быки с двумя парами укосин. Соответственно двум парам укосин, имеется две пары откосных свай (фиг. 481). Наружные укосины доходят до верха коренных свай, а внутренние обыкновенно прерываются ниже, упираясь в одну из продольных схваток. При наличности внутренних укосин, можно ограничиться устройством распорных крестов между коренными сваями и не делать диагональных полусхваток во всю ширину опоры (фиг. 481). При пересечении с откосными сваями наружные укосины обрываются. Это позволяет выполнять укосины из более короткого леса; кроме того, в этих местах можно давать укосинам перелом, как показано на фиг. 482. Опора, показанная на фиг. 481, применяется при высоте в 5 до 6 саж. Соответственно трем ярусам, имеется три распорных креста и три горизонтальных схватки. Стыки коренных и ближайших к ним откосных свай помещены на уровне нижней горизонтальной схватки, вследствие чего эта схватка—двух‘ярусная.


Фиг. 481.

D. **Кустовые быки** отличаются большим числом коренных свай, которые сгруппированы кустами. Эти быки применяются для мостов с пролетами больше 8 саж. В примере, показанном на листе 37, забито всего 48 коренных свай, которые сгруппированы в 12 кустах по 4 сваи. Такое размещение свай четверками принято для того, чтобы каждая свая была доступна с трех сторон, чем облегчается работа при наращивании этих свай. Конец каждой фермы располагается по середине квадрата, образованного 4-мя четверками, так что давление в 5730 пуд., приходящееся на конец одной фермы, передается 12 сваям. Чтобы распределить это давление между сваями, под каждые два смежных конца фермы подведена продольная балка из 6 дубовых брусьев сечением 12 × 12 дм., расположенных в двух ярусах и соединенных между собою шпонками и болтами. Эта балка опирается на три пары парных насадок из дубовых брусьев 12 × 12 дм. Так как бык предполагалось построить в декабре, то стык свай принят на 0,3 саж. выше многолетнего среднего горизонта воды в декабре или на 2,21 саж. выше дна реки. В стыке сваи врублены в полдерева и обжаты сперва парными поперечными, а выше и ниже их—парными продольными схватками. Такие же схватки помещены наверху быка, немного ниже насадок. По середине высоты между верхними и нижними схватками устроен еще средний ряд поперечных и продольных схваток. Таким образом бык разделен на три яруса. Боковая устойчивость быка достигается следующими мерами: 1) снаружи быка, выше и ниже по течению, поставлено по две укосины, которые своим нижним концом упираются в особые откосные сваи; 2) внутри быка, между его верховою и низовою половиною, во втором и третьем ярусе устроено по три распорных креста. Для защиты от ледохода, бык заострен с верховой стороны, для чего забиты 4 особых сваи; кроме того, в пределах между горизонтом высшего и низшего ледохода, боковые и передние грани быка обшиты досками 8 × $2^1/_2$ дм.



Фиг. 482.

Другой пример кустового быка для моста с пролетами в 20 саж. показан на листе 38 атласа. Коренные сваи размещены в 4-х кустах, по числу концов ферм, опирающихся на бык. Каждый куст состоит из 9 свай. Боковая устойчивость быка достигается: 1) наружными укосинами, кото-

рые своим верхним концом врублены в коренные сваи, а нижним концом упираются в откосные сваи на уровне меженних вод; 2) распорными крестами между коренными сваями. Горизонтальными схватками бык разделен на три яруса. Нижние схватки расположены на уровне межени. В виду большой глубины воды (2,25 саж. от межени), между сваями устроены подводные связи в виде подкосных рам. По середине быка, между коренными сваями устроен крест из двух подкосных рам, а по бокам коренные сваи поддерживаются одиночными подкосными рамами. Каждая боковая подкосная рама составлена из двух подкосов, связанных между собою по низу подушкою из бревна, по середине—распоркою из двух пластин и еще двумя крестами из пластинчатых диагональных схваток. Своим нижним концом рама упирается в две сваи, которые забиты рядом с откосными сваями и срезаны немного выше дна реки. Для удержания рамы от сдвига вдоль моста, к нижней подушке приболчен отрезок бревна, входящий в зазор между двумя откосными сваями. Верхним концом подкосы рамы упираются в коренные сваи и в продольную схватку. Для установки такой подводной рамы, поступают так: прислонив раму к откосным сваям, опускают ее в воду и нижнею подушкою ставят на головы обеих срезанных свай, так чтобы отрезок бревна, приболченный к подушке, входил в зазор между двумя откосными сваями. Затем поворачивают раму около ея нижней подушки до тех пор, пока ея подкосы упрутся в коренные сваи.

Подкосные рамы, образующие крест между коренными сваями, устроены немного иначе. Каждая из этих рам составлена из трех подкосов, которые ниже точки пересечения обеих рам связаны между собою распоркою из двух пластин, крестом из диагональных схваток и нижнею подушкою из бревна. Выше пересечения подкосы ничем не связаны между собою, чтобы позволить установку рам путем вертикального опускания и последующего поворачивания около нижней подушки. Три подкоса, входящие в состав каждой из перекрещивающихся рам, расположены так, чтобы одиночный подкос одной рамы помещался между двойным подкосом другой рамы, причем в каждой раме одиночный подкос находится в вертикальной плоскости свай внутреннего ряда соответственного куста, а бревна двойного подкоса расположены в плоскости свай обоих наружных рядов другого куста. Каждая из перекрещивающихся рам опирается на три сваи, забитые рядом с коренными сваями в местах расположения подкосов и срезанные немного выше дна. Для удержания рам на месте, к нижней подушке приболчен отрезок бревна, входящий в зазор между двумя коренными сваями.

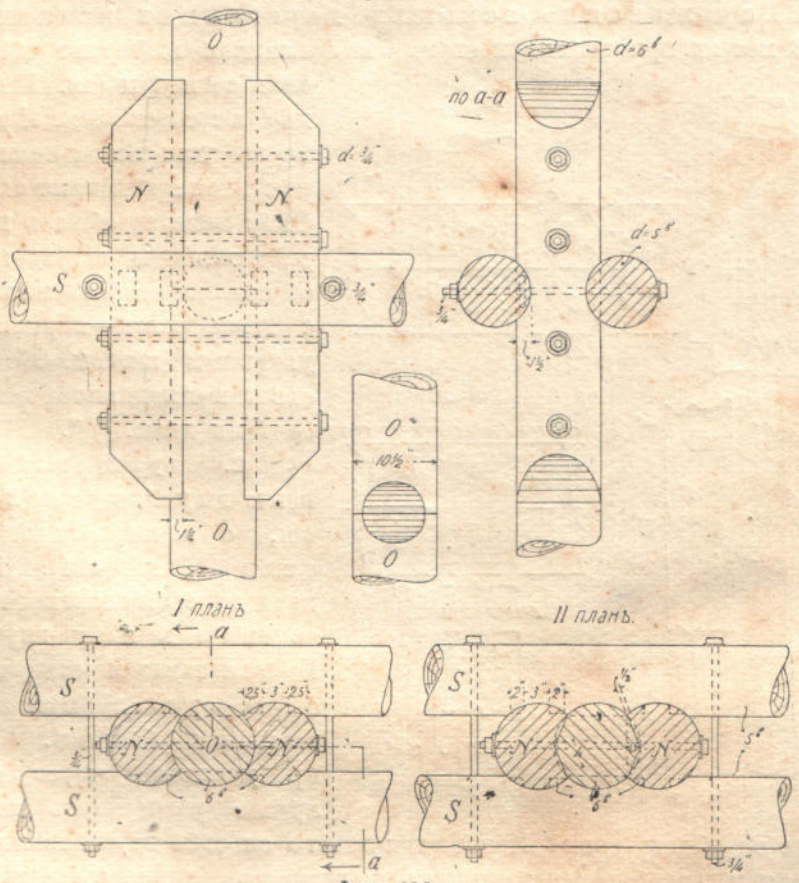
Пример быка высотою 7,8 саж. (рис. 1 и 2 на лис. 39). Бык составлен из двух стенок, отстоящих одна от другой на 2 саж. и связанных между собою крестами и продольными схватками. Каждая стенка быка составлена из 20 свай, расположенных в двух рядах. Коренные сваи размещены шестерками; кроме них имеется две пары откосных свай. Горизонтальными схватками бык разделен на 4 яруса. В каждом ярусе имеется пара диагональных схваток. Укосины имеются как наружные, так и внутренние. Рассмотрим другой пример высокого быка (рис. 3 и 4 на лис.

39). Бык высотою 10,8 саж. составлен из двух стенок, которые расставлены одна от другой на 5 мет. с тем, чтобы между ними поместить основание взорванного каменного быка. Обе стенки связаны между собою крестами и продольными схватками. Каждая стенка составлена из 16 свай, размещенных в двух рядах. Коренные сваи размещены четверками. Горизонтальными схватками бык разделен на 4 яруса. Укосины имеются как наружные, так и внутренние.

§ 75. Наращивание свай.

Обычная длина свай составляет 3 до 4 саж. и реже 5 до 6 саж., а глубина их забивки заключается между 1,5 и 3 саж.; поэтому опоры высотою до 3,5 саж. можно было бы устраивать из цельных свай длиною до 5 саж. Но забивка длинных свай обходится дорого, вследствие необходимости устанавливать копер на подмостях и забивки сваи ниже уровня основания рамы. Поэтому из цельных свай принято делать опоры не выше 2,5 саж. При опорах выше 2,5 саж. сваи наращиваются.

Уровень наращивания свай следует назначать как можно ниже с тем, чтобы подмости для установки копра имели бы возможно



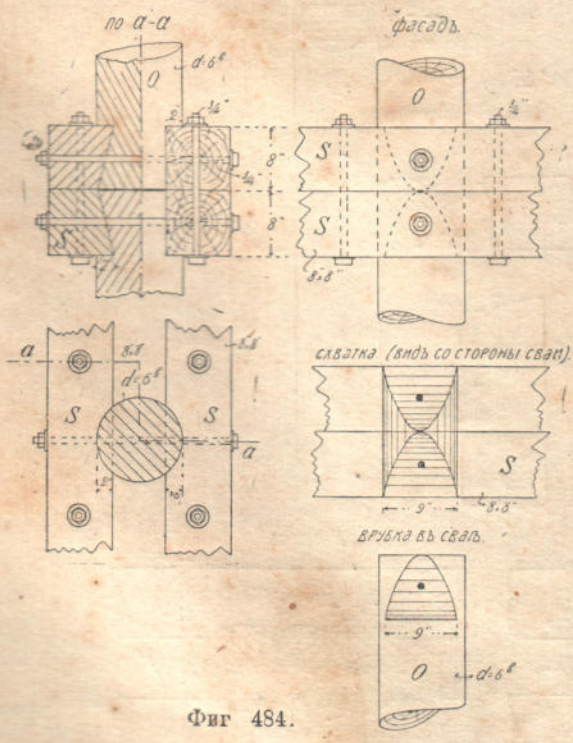
Фиг. 483.

меньшую высоту. В сухих оврагах стыки свай располагаются на 0,2—0,35 саж. выше поверхности земли; в мостах через постоянные водотоки

стыки располагаются по одному из следующих способов: 1) на горизонте самых низких вод, благодаря чему более ценная часть свай, т. е. их основание, всегда находится под водою и предохранена от загнивания, 2) на 0,1 саж. выше меженнего горизонта и 3) желая сократить длину стоек, при очень высоких опорах, и тем понизить их стоимость, стыки свай располагаются на уровне высоких вод. Стыки всех свай, находящиеся выше поверхности земли, следует устраивать на одном и том же уровне, чтобы можно было обжать их одним и тем же рядом горизонтальных схваток, как поперечных, так и продольных. Устройство стыков ниже поверхности земли следует избегать; если сделать этого нельзя, то сросты надо располагать ниже линии промерзания, иначе влага, попавшая в стыки при замерзании, выпирает верхнюю часть сваи. При наращивании концы свай можно упирать в притык друг к другу, или же концы можно врезывать в полдерева.

А. **Наращивание в притык.** Торцы бревен должны быть срезаны строго горизонтально. Центрация свай достигается применением железных штырей диаметром 7/8″ до $1^1/_2$″. Эти штыри также предупреждают сдвиг верхней части по нижней.

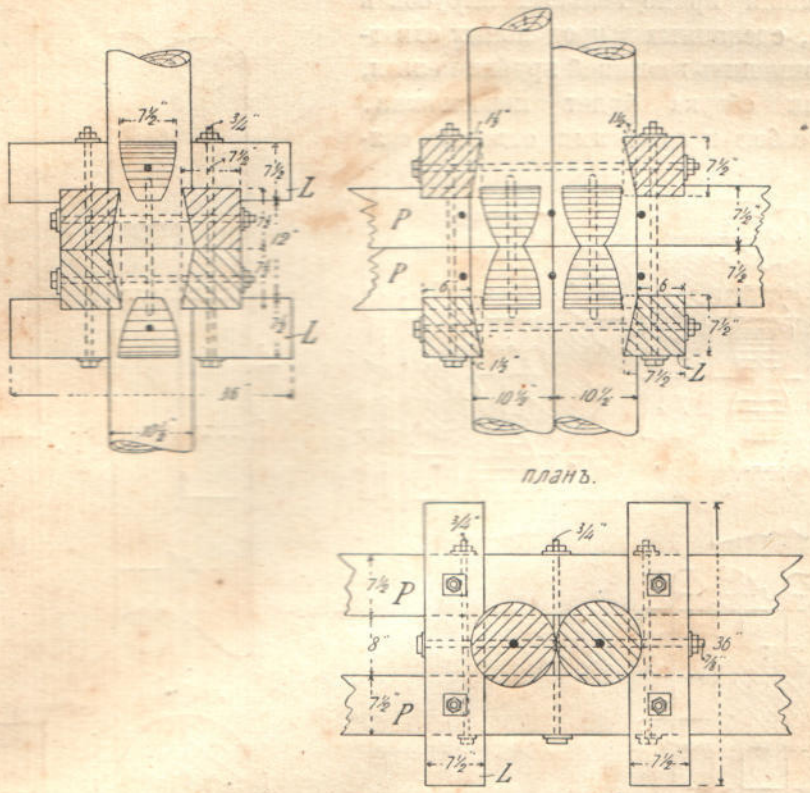
1. Наращивание помощью деревянных накладок (фиг. 483). В местах прилегания к сваям, в накладках выбирают цилиндрические сегменты (см. I план) или две плоскости (см. II план), что проще для выполнения. Длину накладок принимают около 4 фут. Стык полезно обжать парною горизонтальною схваткою, которая со сваями сопрягается в обло, а с накладками—парным прямоугольным шипом. Обе половины схватки стягиваются между собою болтами диам. $^3/_4$″.



Фиг 484.

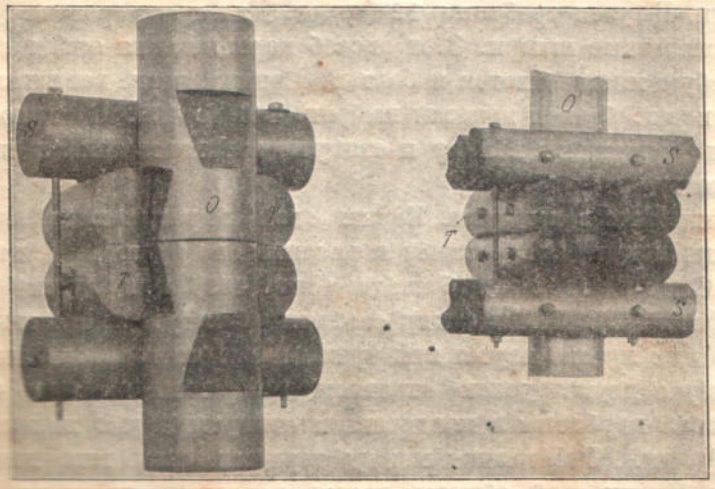
2. Наращивание помощью двух'ярусной схватки, обжимающей концы свай (фиг. 484). Брусчатая двух'ярусная схватка сопрягается со сваею в лапу глубиною 2″. Брусья схватки стянуты между собою вертикальными и горизонтальными болтами. Последние пропускаются через сваи; но лучше располагать их сбоку, чтобы не ослаблять сваю. Недостаток такого способа наращивания заключается в том, что боковая жесткость по направлению вдоль схватки больше, чем поперек схватки. Для устранения этого недостатка, можно добавить вторую схватку, направленную поперек первой.

3. **Наращивание помощью перекрещивающихся схваток.** Эти схватки могут быть круглого или прямоугольного сечения. На



Фиг. 485.

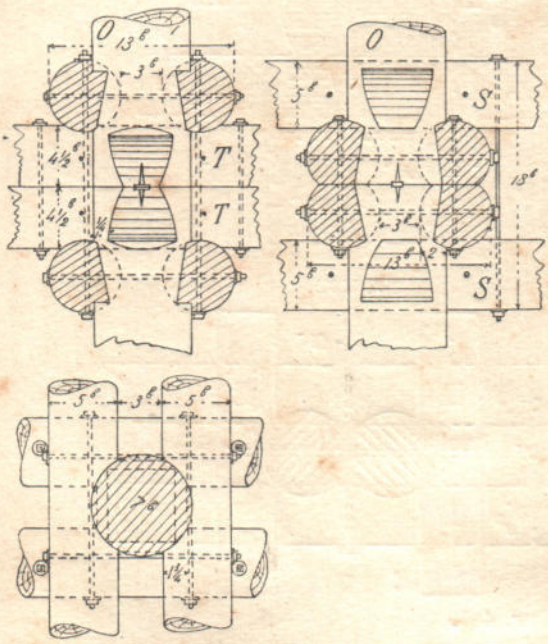
фиг. 485 показан пример наращивания парной сваи при помощи брусчатых схваток сечением $7^1/_2 \times 7^1/_2$ дм. Обе парные поперечные схватки P



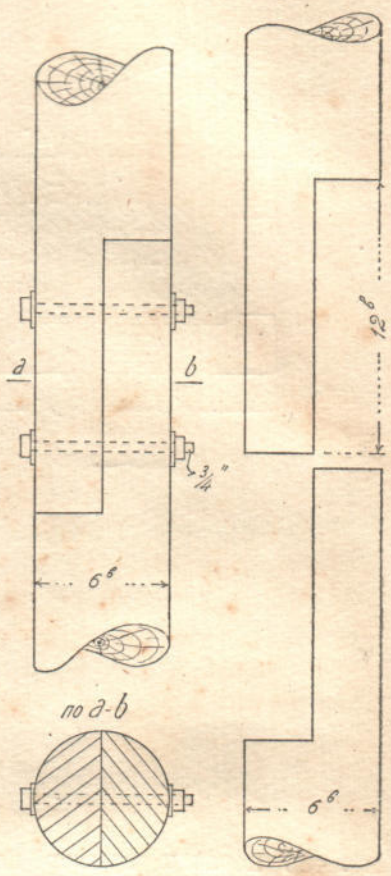
Фиг. 486. Фиг. 487.

соприкасаются между собою вплотную и врублены в сваи в лапу на глубину $1^1/_2$ дм. Парные продольные схватки L сделаны короткими (36 дм.)

и обжимают как сваи, так и поперечные схватки P; в сваи оне врублены в лапу на глубину $1^1/_2$ дм., а с поперечными схватками оне сопрягаются при помощи прямоугольных вырубок в $1^1/_2$ дм., сделанных в продольных схватках. Применить взаимной врубки нельзя, так как сборка будет невозможна. Между собою и со сваями схватки стя-



Фиг. 488.



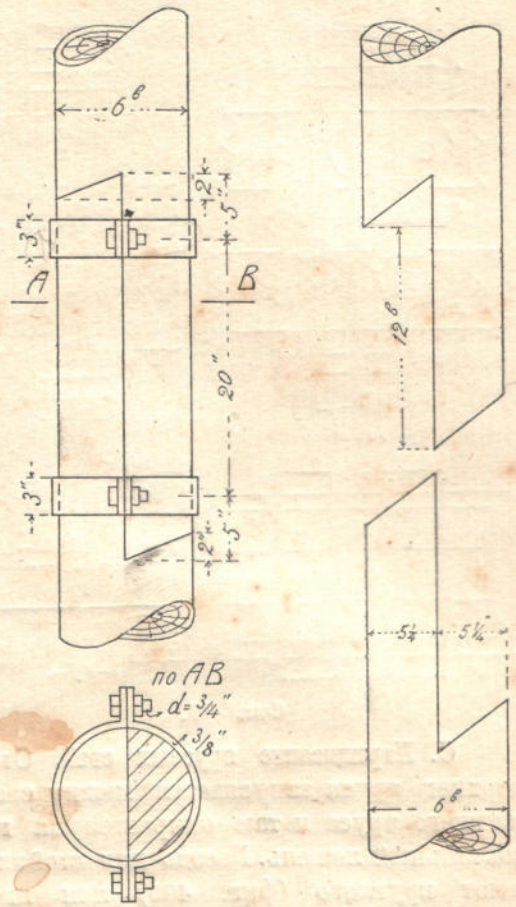
Фиг. 489.

нуты болтами. На узел требуется 12 болтов. Для центрирования по оси свай поставлены железные штыри. Этот способ наращивания отличается прочностью, но требует много схваток и болтов. Пример, когда все схватки круглые из $4^1/_2$ и 5 верш. бревен показан на фиг. 486 до 488. С одиночною сваею все схватки сопряжены в лапу и стянуты горизонтальными и вертикальными болтами.

В. **Наращивание в полдерева.** Концы свай вырезываются в полдерева, причем торцы могут быть срезаны горизонтально (фиг. 489) или наклонно (фиг. 490). Стык стягивается болтами (фиг. 489) или лучше железными хомутами (фиг. 490). Чтобы стыку сообщить боковую жесткость, его обжимают одною или лучше двумя или тремя парными горизонтальными схватками. Пример с двух'ярусною схваткою изображен на фиг. 491. Концы спаренных свай врублены в полдерева и стянуты двумя железными хомутами ($1^1/_2$. $^1/_2$ дм.). Расстояние между торцами свай или длина врубки равна 33 дм. Стыки свай обжаты двумя парными схватками из 6 верш. бревен. Со сваями эти бревна сопряжены парным прямоугольным шипом. Между собою схватки стянуты горизонтальными и вертикальными болтами. Чтобы не ослаблять свай, горизонтальные болты пропущены сбоку свай.

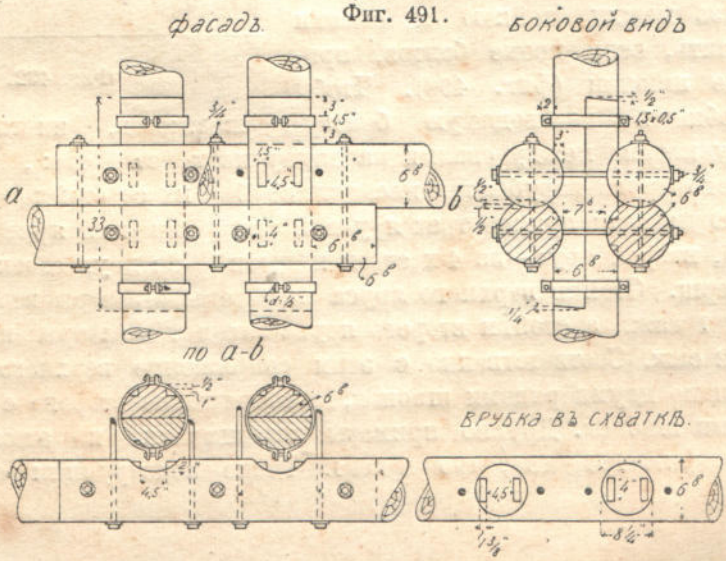
Пример стыка, обжатого перекрещивающимися схватками, расположенными в трех ярусах, показан на фиг. 492 и 493. Концы одиночной сваи врублены в полдерева и стянуты двумя железными хомутами. Все три схватки сделаны из пластин, причем верхняя и нижняя схватки пропущены во всю ширину опоры, а средняя схватка сделана из двух коротких пластин (длиною $26^1/_2$ дм.) и расположена вдоль моста. Средняя схватка со сваею сопряжена в обло, а две другие врублены в лапу на глубину 2 дм. Между собою схватки врублены тоже в лапу. На узел пошло 5 болтов и 2 хомута.

Если стык должен сопротивляться растягивающим усилиям, например, при выдергивании свай из грунта или в случае затопляемых мостов, то применяют откосную врубку в полдерева с продольным шипом (фиг. 494). Под действием растягивающей силы происходит заклинивание концов сваи, так как они плотнее прижимаются к хомутам; чем больше возрастает растягивающая сила, тем прочнее делается стык. Врубка в полдерева с шипом имеет тот недостаток, что шип увеличивает и без того большое ослабление сваи. Если обыкновенный стык в полдерева снабдить желез-

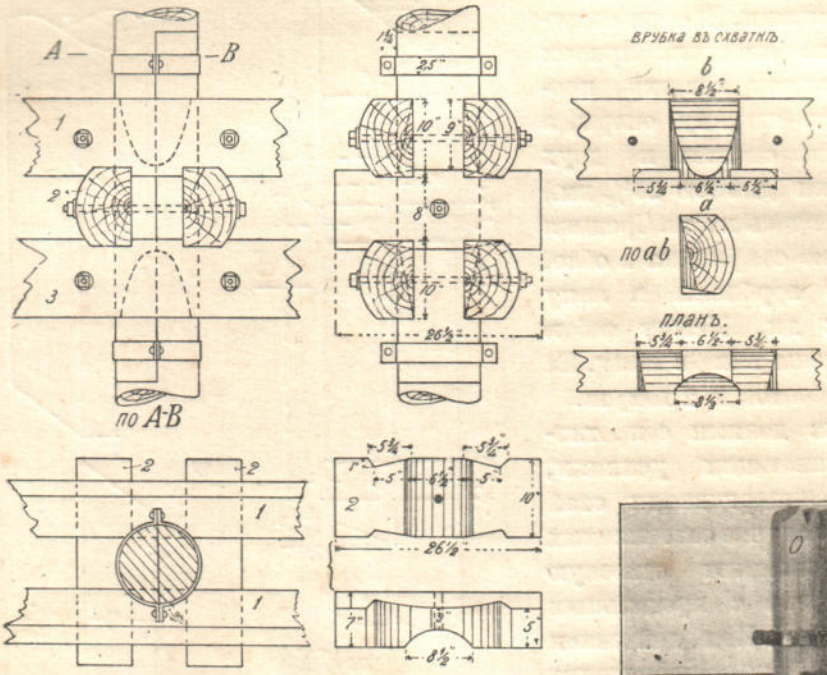


Фиг. 490.

Фиг. 491.

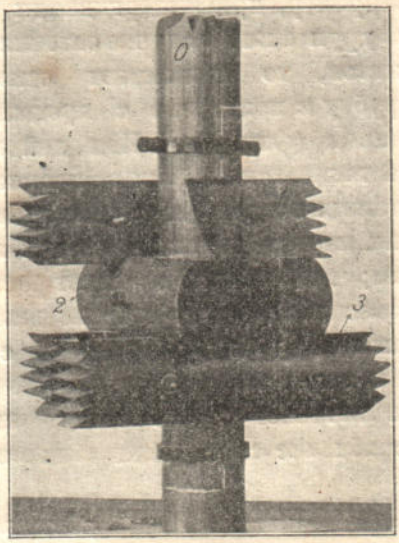


ными хомутами, врезанными в сваю, то он также будет сопротивляться растягивающим усилиям.



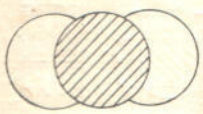
Фиг. 493.

С. **Наращивание ярусных свай.** Стойка верхнего яруса запускается между сваями нижнего яруса и там опирается на горизонтальный лежень. Гнездо для стойки делают круглого (фиг. 495) или шестиугольного (фиг. 496) сечения. Сопряжение упрощается, если стойку и сваю обтесать по одной плоскости (фиг. 497). В этом случае связь между стойкою и сваями можно усилить, если кроме болтов, применить еще шпонки (фиг. 498). Чтобы стыку сообщить необходимую боковую жесткость, нижний конец стойки запускается между сваями на длину не менее 1 саж., а на торцы свай нижнего яруса нарубаются насадки, врубая их со стойкою (фиг. 498). На фиг. 499 показан пример трех'ярусной сваи; нижний ярус состоит из шести свай, второй ярус—из 4-х стоек и третий—из двух стоек. Диаметр свай = 6 верш. Стойки верхнего яруса запущены в зазоры второго яруса на глубину 1 саж., а стойки второго яруса заходят в зазоры нижнего на глубину 1,2 саж. Соответственно с этим сопряжение верхнего яруса со вторым сделано двумя рядами шпонок, а сопряжение второго с нижним—тремя рядами шпонок. Другие примеры наращивания по этому способу показаны на фиг. 184, 185, 195 и 196. Такие конструкции отличаются

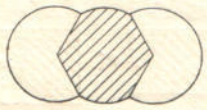


Фиг. 492.

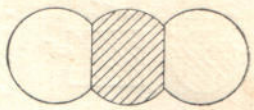
большою боковою жесткостью стыка, вследствие чего достаточно обжимать его одною парою схваток.



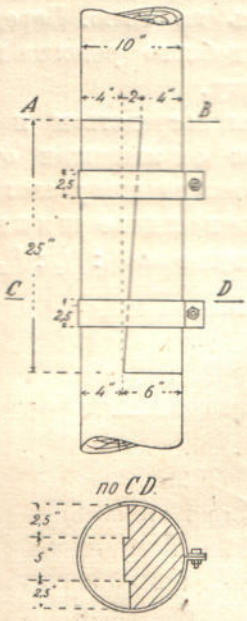
Фиг. 495.



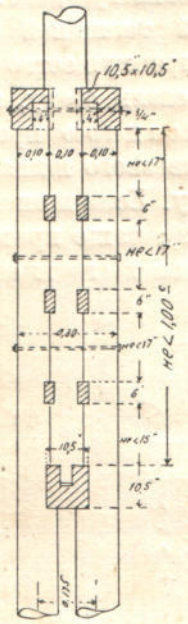
Фиг. 496.



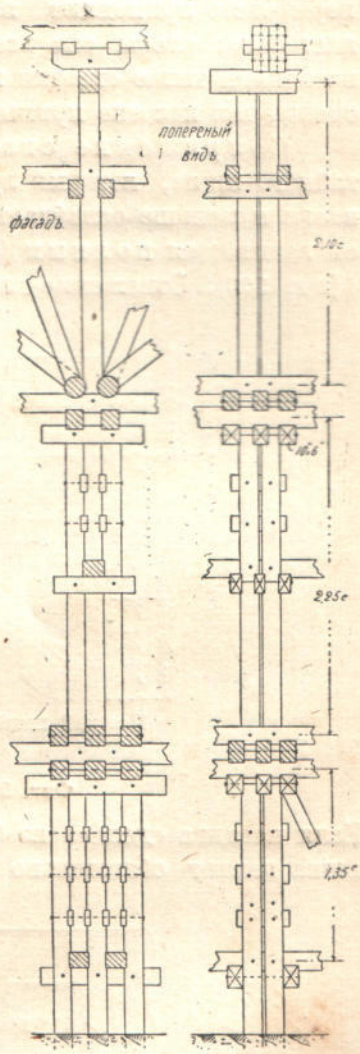
Фиг. 497.



Фиг. 494.



Фиг. 498.



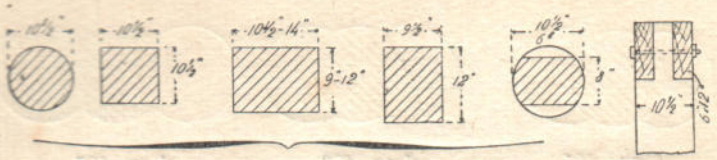
Фиг. 499.

В подкосных мостах Ряз.-Уральск. ж. д. широко применялось наращивание двух'ярусных свай при помощи поперечных насадок, нарубленных на головы свай нижнего яруса (фиг. 198 до 200). Этот способ наращивания не отличается боковою жесткостью и в подкосных мостах требует устройства двух отдельных затяжек: подкосной и опорной (фиг. 239 и 240). Зато такое наращивание облегчает сборку свайных опор.

§ 76. Насадка и ея сопряжение со сваями.

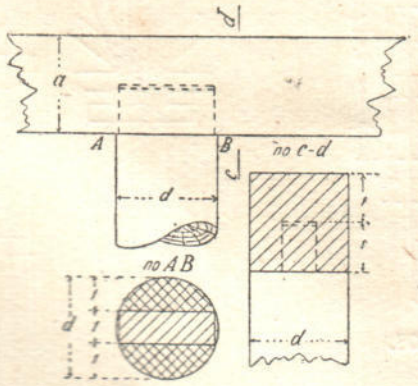
Каждый поперечный ряд свай принято перекрывать насадкою, что имеет следующие достоинства: 1) сваи приводятся во взаимную связь по направлению поперек моста, 2) давление распределяется более равномерно между всеми сваями опоры, 3) расстояние между прогонами можно назначать независимо от расстояния между сваями и 4) длинный ряд свай

трудно забить строго по прямой линии, почему укладка прогонов непосредственно на сваи была бы затруднительна. Поперечное сечение насадки бывает круглое, прямоугольное, или круглое, отесанное на два канта (фиг. 500). Вместо насадки, американские инженеры часто применяют парную схватку (фиг. 501), врубленную в сваю настолько, чтобы она всей своей толщиной опиралась на сваю. Перед насадками такие схватки имеют преимущество более удобного ремонта и смены, так как оне примыкают к сваям сбоку, а не сверху.



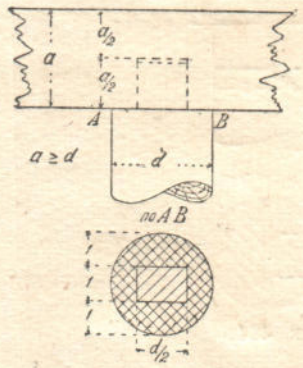
Фиг. 500. Фиг. 501.

Сопряжение сваи с насадкою производится посредством потайного шипа, который лучше сквозного шипа, так как он защищен от влаги и меньше ослабляет насадку. Если шип занимает всю толщину сваи, он называется полным (фиг. 502); чаще применяют неполные шипы (фиг. 503). Отношение длины шипа к его высоте и толщине $= 1 : {}^1/_2 : {}^1/_3$.



Полный потайной шипъ.

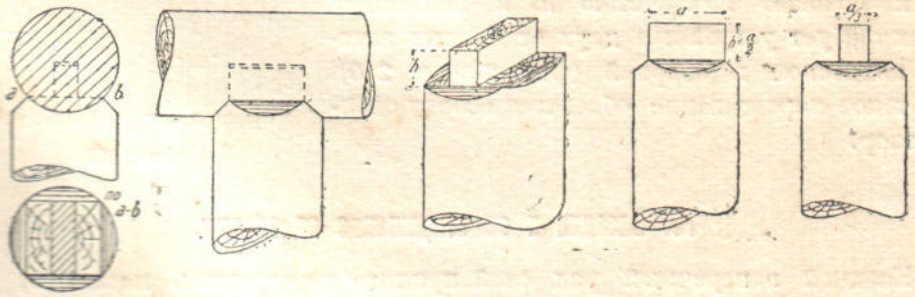
Фиг. 502.



Неполный потайной шипъ.

Фиг. 503.

Если насадка сделана из бревна, шип врубается согласно фиг. 504. Длину шипа делают обязательно меньше глубины гнезда: в противном случае



Фиг. 504.

насадка будет после усушки опираться на вершину шипа, а не на торец сваи. Давление насадки передается только той части торца сваи, которая

окружает шип. Эта рабочая площадь показана на фигурах двойною штриховкою. Если круглая свая, примыкающая к прямоугольной насадке (фиг. 503), имеет шип толщиною $^1/_3\, d$ и длиною $^1/_2\, d$, то площадь, работающая на смятие, будет

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} - {}^1/_2\, d \,.\, {}^1/_3\, d.$$

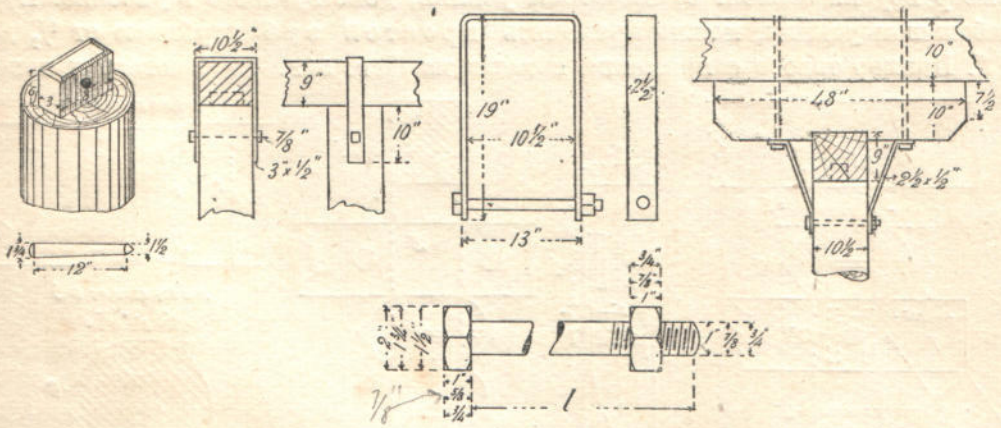
При передаче усилия, скорее сомнется насадка, чем свая, так как усилие действует поперек волокон насадки. Поэтому насадку следует делать из твердого леса, т. е. дуба или лиственницы. Размеры насадки поверяются по условию прочности на смятие:

$$\frac{P}{\Omega - \omega} \leqslant R_\delta$$

где P—давление на одну сваю,
Ω—площадь поперечного сечения сваи,
ω—площадь шипа,
R_δ—допускаемое напряжение на смятие $\perp$ волокон.

Если на насадку действуют усилия, стремящиеся приподнять ее, прикрепляют ее к сваям одним из следующих способов. 1) Дубовый нагель диам. до $1^1/_2$ дм. слегка конической формы, забиваемый через шип (фиг. 505). 2) Хомут из полосового железа $2^1/_2 \,.\, {}^1/_2$ дм. с двумя лапами длиною 18 до 20 дм. (фиг. 506 и 507); хомут обхватывает насадку и прикрепляется к свае болтом (фиг. 91). 3) Пара железных угольников (фиг. 508), которая к свае прикрепляется одним болтом, а к прогону—двумя верти-

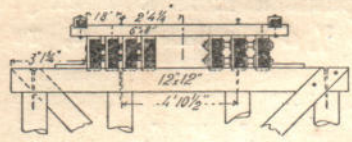
Фиг. 505. Фиг. 506. Фиг. 507. Фиг. 508.



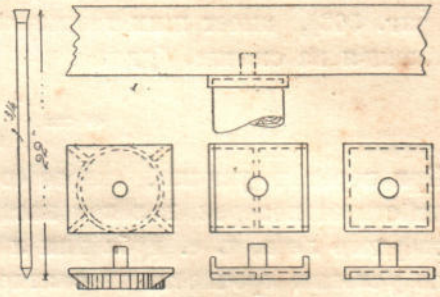
кальными болтами. Такие угольники удобнее хомута, так как не мешают врубке прогона в насадку. 4) Вертикальный болт, проходящий через насадку и снабженный внизу проушиною с горизотальным болтом, пропущенным через сваю (фиг. 92). Вместо шипов, в американских мостах встречаются железные шурупы и гвозди диам. $^3/_4$ до 1 дм. и длиною от 18 до 26 дм. (фиг. 509). Для сопряжения насадки со сваями в Америке иногда применяют чугунные подушки с круглым шипом (фиг. 510) или железные штампованные башмаки (фиг. 511), которые прикрепляются толстыми гвоздями, причем никаких врубок не требуется.

Наиболее слабою частью опоры обыкновенно является насадка, в виду небольшого сопротивления дерева на смятие поперек волокон. Если на-

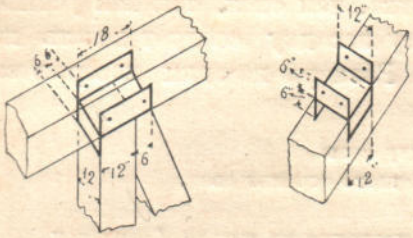
садки нельзя устроить из твердого леса (дуба), приходится увеличивать



Фиг. 509.



Фиг. 510.

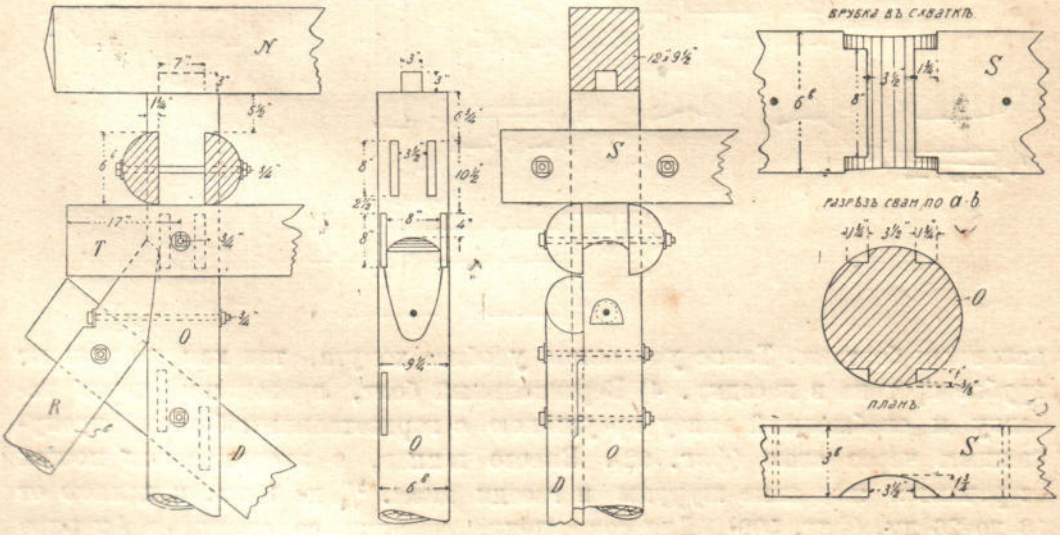


Фиг. 511.

площадь, работающую на смятие, путем прикрепления к свае обрубков, воспринимающих часть давления насадки. Обрубки прикрепляются к свае зубьями или шпонками с болтами.

§ 77. Способы сопряжения укосин со сваями.

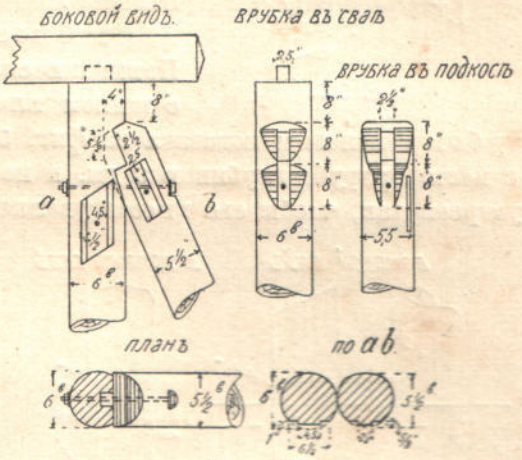
А. **Сопряжение верхнего конца укосины с коренною сваею.** Прикрепление верхнего конца укосины должно быть исполнено так, чтобы возможно меньше ослабить сваю и чтобы укосина не могла сдвинуться в сторону; последнее достигается шипами или лучше схватками, стянутыми болтами. Выбор врубки зависит от величины усилия, действующего в укосине. При небольшом усилии, можно применять простой зуб глубиною от $^1/_2$ до $^3/_4$″. Пример такого сопряжения показан на фиг. 512. От бокового и попе-



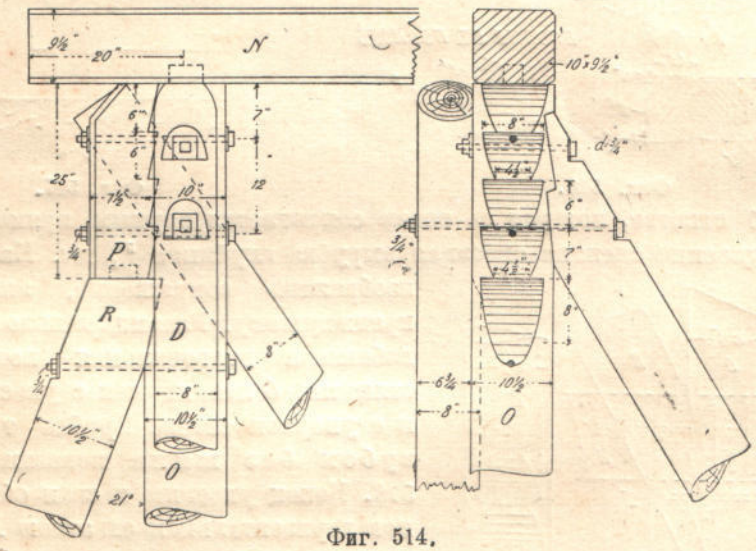
Фиг. 512.

речного сдвига укосина удерживается поперечною горизонтальною схваткою из двух пластин и диагональною полусхваткою. Со сваею схватки сопрягаются неполным парным прямоугольным шипом, достоинство которого, применительно к пластинчатым схваткам, заключается в том, что в схватке

получается горизонтальная площадка для передачи ея собственного веса. Чтобы не ослаблять укосины, она сопрягается с диагональною полусхваткою в обло, выбранное в полусхватке. При большом усилии в укосине и при остром угле между сваею и укосиною ($< 35^0$), применяют врубку двойным зубом (фиг. 513). В этом примере укосина удерживается от бокового сдвига шипом и диагональною полусхваткою из пластины, которая сопряжена и укосиною сопрягается парным прямоугольным шипом (см. разрез по $a—b$). При очень большом усилии в укосине, врубка двойным зубом может оказаться недостаточною; тогда укосину упирают в подбабок, который со сваею сопрягают зубьями (фиг. 514) или же шпонками. Кроме болтов, можно удерживать подбабок от бокового сдвига диагональною полу схваткою (фиг. 514) или горизонтальною схваткою. Боковой сдвиг укосины предупреждается шипом, который вырублен на ея торце и запущен в подбабок (фиг. 514). Кроме того укосина притянута к свае болтом.



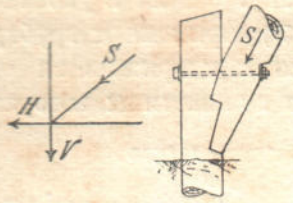
Фиг. 513.



Фиг. 514.

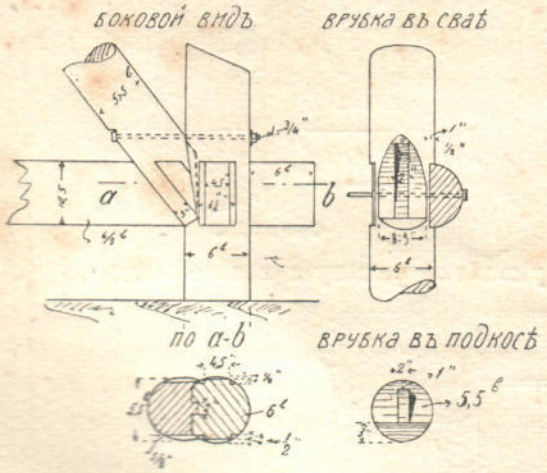
В. **Сопряжение нижнего конца укосины с откосною сваею.** Сжимающее усилие S укосины разлагается на составляющие V и H (фиг. 515). Вертикальная составляющая V передается через откосную сваю в землю. Горизонтальная составляющая H вызывает в свае изгиб, которого она не может выдержать; поэтому следует устраивать горизонтальную поперечную схватку для передачи распора H всем сваям того же поперечного ряда. Этою схваткою пользуются еще для следующих целей: 1) для удержания укосины от бокового сдвига и 2) для обжатия стыка коренных и откосных свай. Горизонтальная схватка всегда устраивается парною и может быть одноярусною

или двух'ярусною. Последнее в тех случаях, когда схваткою пользуются для обжатия стыка свай. Для сопряжения нижнего конца укосины с откосною сваею можно врубить укосину в сваю или опереть укосину на подушку. Для удержания укосины от бокового сдвига, пользуются шипом или лучше схваткою, горизонтальною или диагональною.

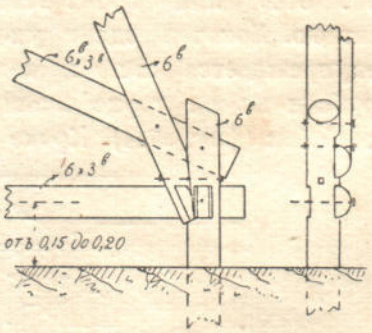


Фиг. 515.

1. Способы врубки укосины в сваю. Применяются одиночный, двойной или тройной зуб с шипом или без него. Врубка одиночным зубом с шипом показана на фиг. 516. Чтобы не ослаблять упорной сваи в месте прируба глубиною 3 дм. и не получить мешков для воды, шип устроен так, чтобы его высота увеличивалась по направлению вверх. Толщина шипа 2 дм. Укосина стянута со сваею горизонтальным болтом. Горизонтальный распор укосины передается парной гори-

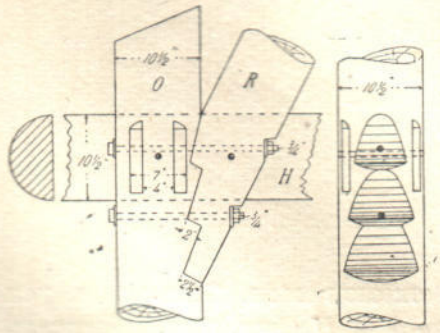


Фиг. 516.



Фиг. 517.

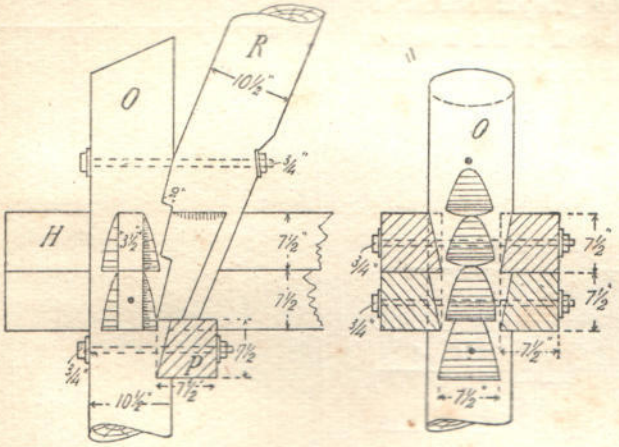
зонтальной схватке, которая со сваею сопрягается парным прямоугольным шипом; в укосине сделана сквозная вырубка глубиною $^5/_8$ дм. На фиг. 517 изображено сопряжение, аналогичное предыдущему. Разница только в том, что добавлена диагональная полусхватка, стянутая болтами, как с укосиною, так и с упорною сваею. Врубка тройным зубом без шипа показана на фиг. 518. Конец укосины и сваи обжаты парною горизонтальною схваткою *H* из двух пластин (10.5 дм.), которые врублены в сваю парным прямоугольным шипом, а с укосиною сопрягаются в обло, выбранное в схватке. Врубка схватки в сваю необходима, чтобы предохранить болт от изгиба.



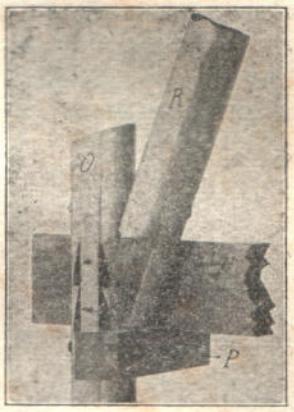
Фиг. 518.

2. Сопряжение укосины при помощи подушки. По отношению к горизонтальной поперечной схватке подушка может занимать три положения, а именно: под схваткою, между ея брусьями или на схватке. На фиг. 519 и 520 показан случай, когда укосина, врубленная в сваю

тройным зубом, кроме того, опирается на брусчатую ($7^1/_2 . 7^1/_2$ дм.) подушку *P*, расположенную непосредственно под двух'ярусною поперечною схват-

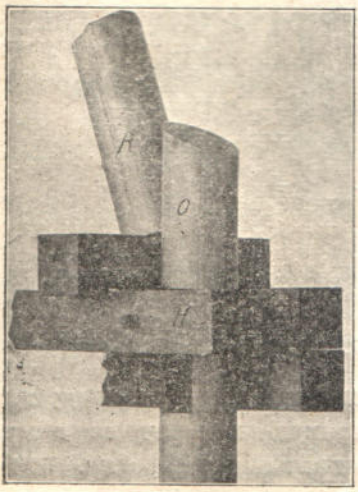


Фиг. 519.

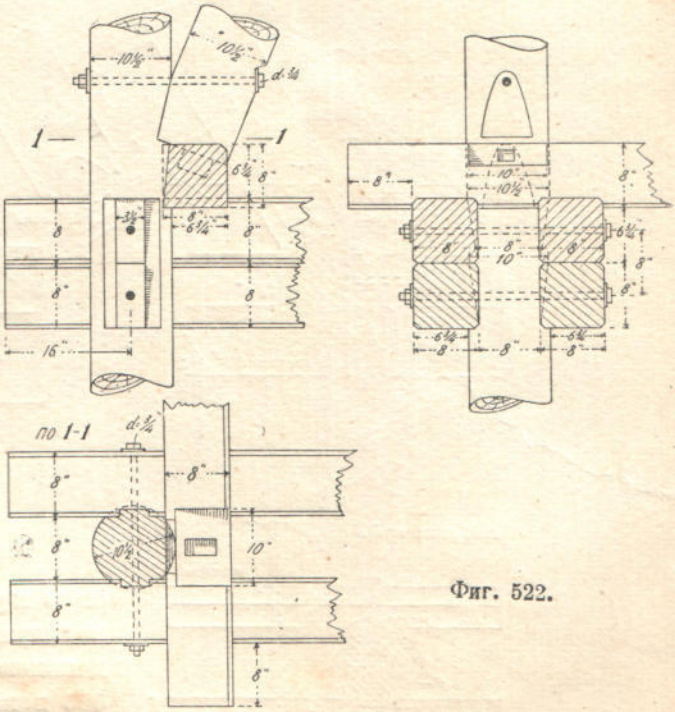


Фиг. 520.

кою *H*. Брусья схватки врублены в сваю парным треугольным шипом и стянуты двумя горизонтальными болтами диам. $^3/_4$ дм. Укосина притянута к свае болтом диам. $^3/_4$ дм. При таком сопряжении, укосина очень прочно удерживается от бокового сдвига. На фиг. 521 и 522 показан случай, когда подушка, поддерживающая укосину, уложена на горизонтальной схватке. Круглая укосина врублена в сваю зубом глубиною $2^1/_2$ дм. и в подушку прямоугольным шипом. Подушка врублена в сваю



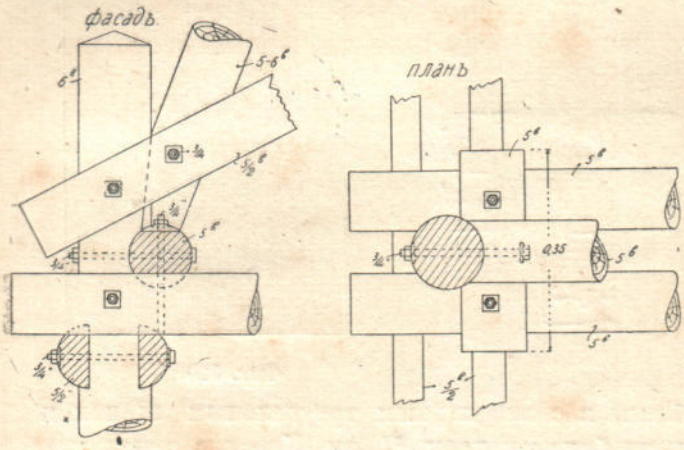
Фиг. 521.



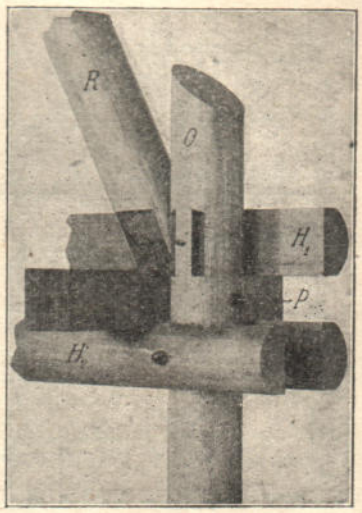
Фиг. 522.

лапою на глубину $1^1/_4$ дм. На схватке подушка удерживается сквозною вырубкою по ширине схватки. Сопряжение сваи и схваток сделано в лапу с парным прямоугольным шипом высотою 1 дм.; кроме того, имеется два болта

диам. $^3/_4$ дм. Описанное сопряжение может передавать свае очень большое вертикальное давление укосины, так как по высоте сваи имеется целый ряд врубок; зато укосина слабо удерживается от бокового сдвига, так как для этой цели имеется только шип и болт. Указанный недостаток может

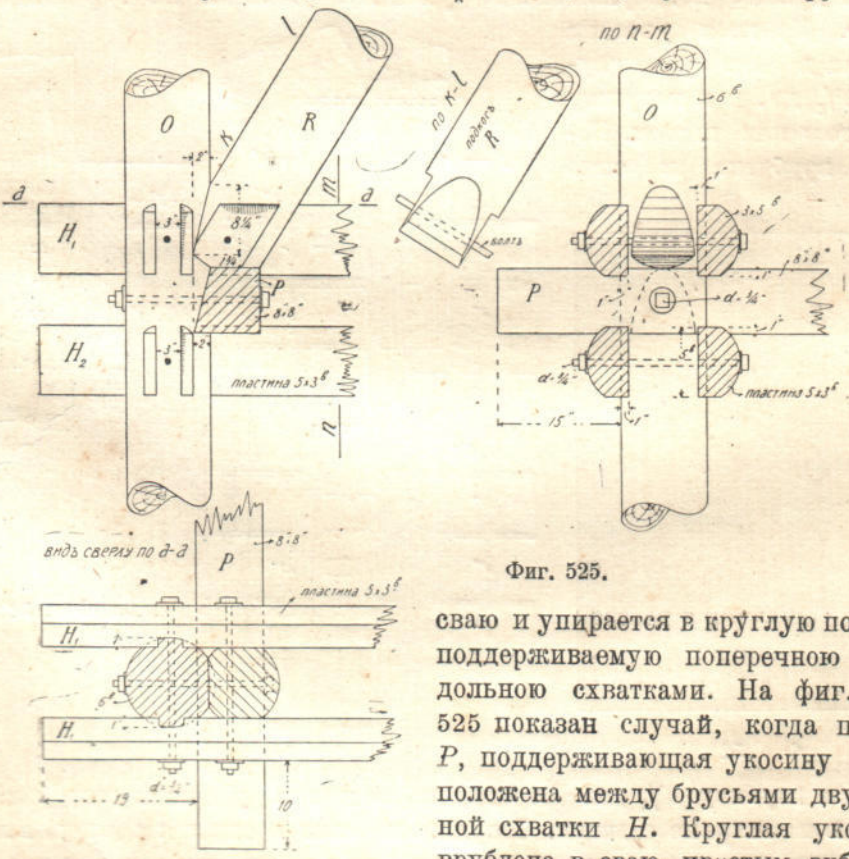


Фиг. 523.



Фиг. 524.

быть устранен, если добавить диагональную схватку и прикрепить ее болтами, как к свае, так и к укосине, как на фиг. 523, где укосина врублена в



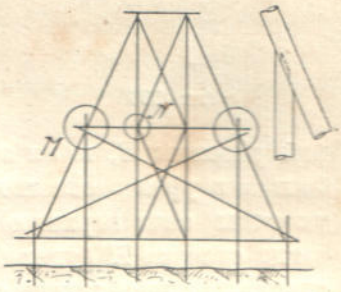
Фиг. 525.

сваю и упирается в круглую подушку, поддерживаемую поперечною и продольною схватками. На фиг. 524 и 525 показан случай, когда подушка *P*, поддерживающая укосину *R*, расположена между брусьями двух'ярусной схватки *H*. Круглая укосина *R* врублена в сваю простым зубом глу-

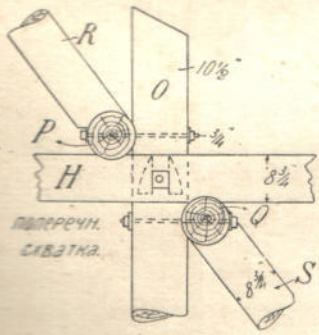
биною в 2 дм. и поддерживается брусчатою подушкою (8.8 дм.), которая врублена в сваю лапою. Двух'ярусная парная схватка составлена из пластин H_1 и H_2, которые со сваею сопряжены парным прямоугольным шипом высотою в 1 дм. Расположение подушки между ярусами затяжки надо признать лучше двух предыдущих способов, так как укосина, обжатая верхними пластинами схватки, хорошо удерживается от бокового сдвига, и, вместе с тем, вертикальное давление укосины передается свае посредством большого количества врубок.

С. **Пересечение укосины с откосною сваею.** Способ сопряжения укосины с откосною сваею в месте пересечения M (фиг. 526) зависит от того, имеет ли укосина стык или нет. Если стыка нет, то укосина нарубается шипом на торец откосной сваи (фиг. 527) и прикрепляется к ней железным хомутом. Подобная конструкция встречается очень редко, в виду того, что устройство стыка в укосине дает возможность обходиться более коротким лесом и допускает более рациональную конструкцию узла M. В случае устройства стыка, непосредственная врубка укосин в сваю без устройства схваток применяется очень редко в виду значительного ослабления сваи с каждой ея стороны. Для сопряжения укосины со сваей пользуются одним из следующих способов.

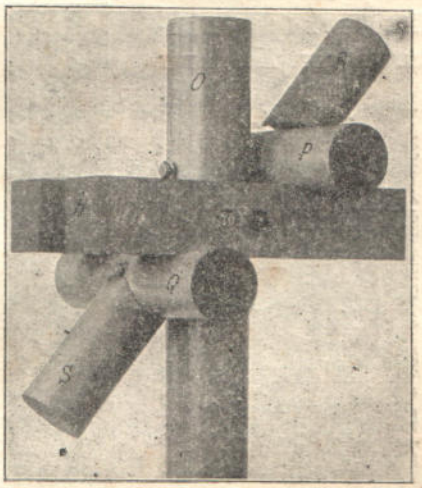
Фиг. 526. Фиг. 527.



I способ. (фиг. 528 и 529). Укосину упирают в продольные схватки P и Q, между которыми проходит поперечная схватка H, врубленная в сваю парным треугольным шипом; чтобы схватки P и Q удержать от продольного сдвига, в них сделаны сквозные вырубки во всю ширину схваток H. Со сваею схватки P и Q сопряжены в обло, выбранное в них, и стянуты болтами. Концы укосин обделаны в виде цилиндрических



Фиг. 528.

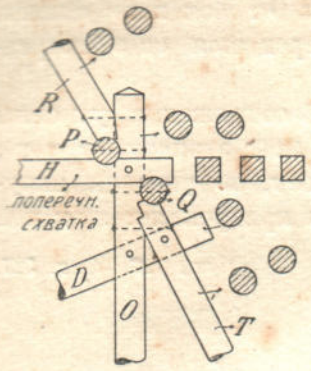


Фиг. 529.

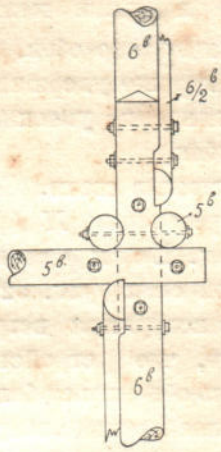
шипы и снабжены прямоугольными шипами.

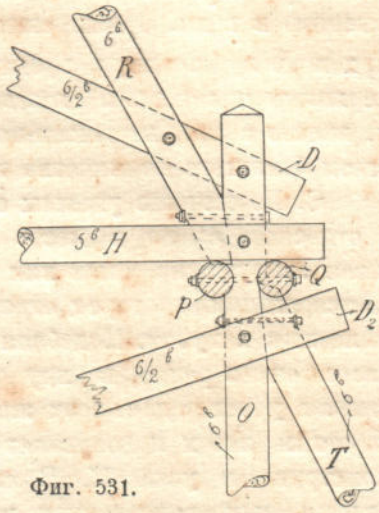
II способ. Укосина врубается в сваю и одновременно упирается в схватки (фиг. 530). Парная откосная свая O обжимается тройною поперечною схваткою H из трех брусьев. Сверху и снизу этой схватки уложены продольные схватки P и Q. Концы парных укосин R и T упираются в них

и, кроме того, врублены в парную сваю O. Нижняя укосина T хорошо защищена от бокового сдвига посредством диагональной схватки D из бревна, пропущенного в зазор между бревнами укосины T. Что же касается верх-



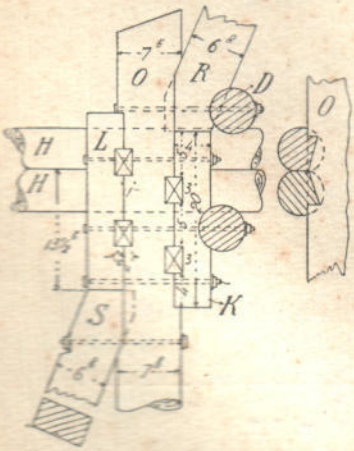
Фиг. 530



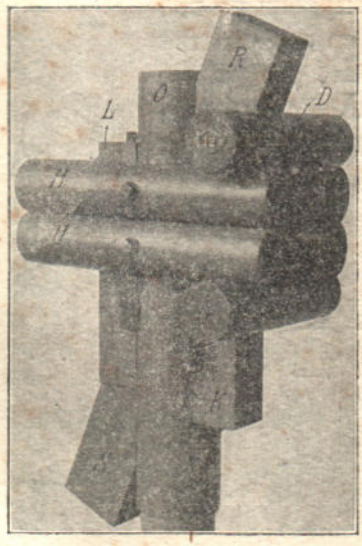


Фиг. 531.

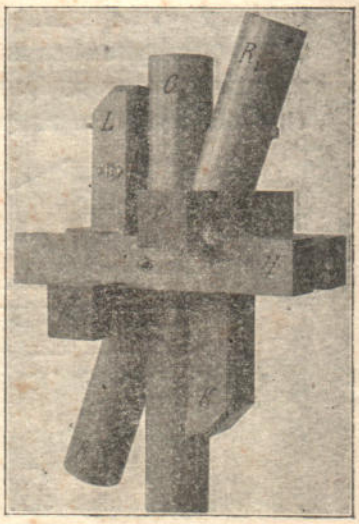
ней укосины R, то ея закрепление гораздо слабее, так как имеется только болт и врубка в схватке P. Можно улучшить закрепление верхнего конца R укосины, если верхнюю схватку P перенести под поперечную схватку H; тогда схватка H будет обжимать укосину R и удерживать ее от бокового сдвига. Пример такого сопряжения показан на фиг. 531. Одиночные укосины R и T из бревен диам. 6 верш. упираются в схватки P и Q и врублены в сваю простым зубом. Боковой сдвиг укосин предупреждается диагональными полусхватками D_1 и D_2 из пластин (6 . 2 верш.) и горизонтальною поперечною схваткою H из двух бревен диам. 5 верш. Хотя этот



Фиг. 532.



Фиг. 533.



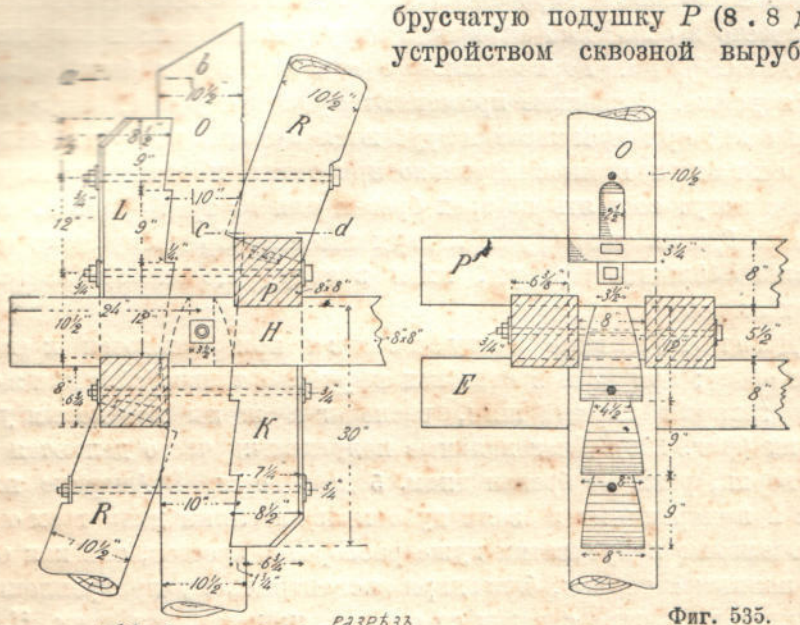
Фиг. 534.

способ сопряжения лучше предыдущего в смысле бокового закрепления укосины, но в отношении передачи вертикального давления свае он слабее. Действительно, верхняя укосина R, упираясь в схватку P, передает свае давление

через один ярус врубок, в то время, как в предыдущем случае (фиг. 530), давление укосины распределяется на два яруса врубок. Поэтому, если имеется верхняя диагональная полусхватка D_1, следует отдавать предпочтение первому способу (фиг. 530).

III способ. Если усилие укосины значительно, то ея концы можно упирать в подбабки, сопрягаемые со сваею зубьями или шпонками (фиг. 532 и 533). Брусчатая укосина R опирается в торец подбабка K, прикрепленного к свае тремя болтами и двумя шпонками (3 . 6 верш.). Концы укосин снабжены шипами и притянуты к свае горизонтальными болтами. Бревна двух‘ярусной поперечной схватки H в сваю O врублены двойным треугольным шипом, а с подбабками K и L сопрягаются сквозными вырубками, сделанными в схватке H. Вдоль моста расположены две продольные схватки D, из которых верхняя предупреждает боковой сдвиг укосины R.

IV способ. Укосину упирают в подушки, поддерживаемые подбабками (фиг. 534 и 535). Круглая укосина R диам. $10^1/_2$ дм. упирается в брусчатую подушку P (8 . 8 дм.) с устройством сквозной вырубки и



Фиг. 535.

трапецоидального шипа толщиною в $2^1/_2$ дм. Для сопряжения со сваею O в концах укосины выбрано обло и вырублен треугольный шип. Подушка P поддерживается зубчатым подбабком K, а подушка E—подбабком L. Длина подбабков = 30 дм. Между подушками P и E пропущена парная поперечная схватка H (8 . 8 дм.), врубленная в сваю O парным треугольным шипом. Концы укосины притянуты к свае болтами диам. $^3/_4$ дм.

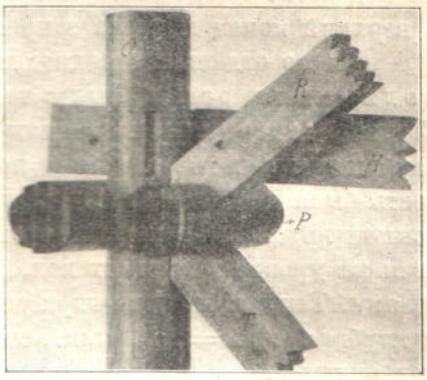
§ 78. Горизонтальные и диагональные схватки.

Горизонтальные и диагональные схватки бывают одиночные, двойные и тройные. Выбор того или другого типа зависит от типа коренных свай. a) Одиночные схватки возможны при коренных сваях, имеющих зазор поперек моста и делаются из одного бруса или бревна. Если двойные сваи и укосины с зазором связываются между собою крестами из двух диагоналей и одна диагональ представляет одиночную схватку, пропущенную в зазор между сваями, то другую диагональ делают в виде парной схватки, обхватывающей сваи снаружи. b) Парные схватки применяются в самых разнообразных случаях; чаще всего они встречаются при сваях одиночных и парных без зазора и отличаются тем, что обхватывают сваи снаружи. Парные схватки делаются из круглого леса диам. 5 до 6 верш. или пластин. В Америке схватки делаются из досок (3 . 10 дм. или 2 . 12 дм.); в России досчатые схватки не допускаются. С коренными и откосными сваями горизонтальные и диагональные схватки сопрягаются или просто в обло, или парным прямоугольным шипом и стягиваются болтами диам. $^3/_4$ дм. Горизонтальные схватки могут быть одноярусные и двух'ярусные. Последние применяются в тех случаях, когда надо обжать стыки свай; при этом схватки врубаются в сваи лапою (фиг. 486). c) Тройные схватки возможны только при сваях, имеющих между собою зазоры, и могут состоять из трех бревен или из трех брусьев, или из внутреннего бревна (или бруса) и двух пластин. Среднему брусу схватки дают несколько бо́льшие размеры, имея в виду, что он ослабляется врубками с двух сторон.

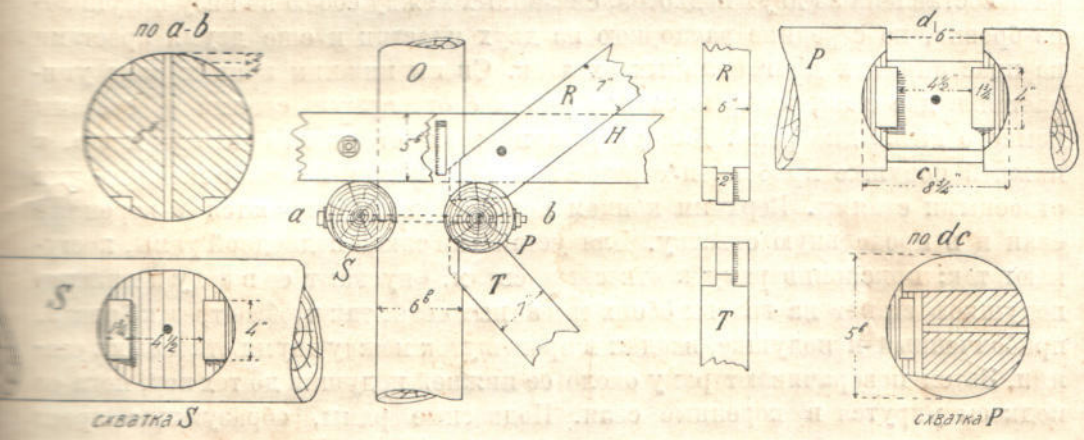
Диагональные полусхватки прикрепляются к сваям и укосинам сбоку; при этом в схватках вырубают только обло или же добавляют прямоугольный парный шип, располагая шипы под косым углом к оси схватки (фиг. 133). Диагональные полусхватки часто делаются из пластин 6 . 3 верш., реже из бревен диам. 5 до 6 верш. В Америке их делают из досок и прикрепляют к сваям дубовыми нагелями диаметром около $1^1/_2$ дм. Диагональные полусхватки хуже распорных крестов, так как они не работают полным сечением, благодаря эксцентричному прикреплению к сваям. Болты, стягивающие схватки со сваями, принимаются диам. $^3/_4$ дм.

Распорные кресты в плоскости свай состоят из двух пересекающихся диагоналей, расположенных в плоскости свай. Эти диагонали устраиваются из брусьев или бревен. В точке скрещения диагонали сопрягаются взаимными врубками и стягиваются болтами. Для прикрепления диагоналей к сваям пользуются чаще всего горизонтальными схватками, врубая конец диагонали, как в сваю, так и в эту схватку. На фиг. 536 и 537 показан пример, когда со сваею *O* сопрягаются две диагонали из состава двух распорных крестов, расположенных один над другим. Брусчатые диагонали *R* и *T* (7 . 6 дм.) упираются в круглую схватку *P* диам. 5 верш., в которой сверху и снизу выбраны сквозные гнезда по размеру диагоналей. Со сваею *O* диагонали сопрягаются шипом толщиною в 2 дм. Схватка *P* врублена в сваю парным прямоугольным шипом и притянута к ней болтом.

Положение нижних горизонтальных схваток. В случае постройки опоры на суше, нижние схватки располагаются возможно ближе к земле, т. е. на расстоянии в 0,1 до 0,3 саж. Если опора строится на воде, можно расположить нижние схватки на уровне самых низких вод или на уровне межени. Первый способ лучше, так как схватки занимают самое низкое положение и менее подвергаются переменному действию воды и воздуха, а потому менее быстро гниют; зато в отношении производства работ удобнее располагать схватки на уровне межени, так как не надо выжидать, пока вода понизится до самого низкого уровня.



Фиг. 536.



Фиг. 537.

§ 79. Подводные связи.

Если глубина воды больше 1 до 1,5 саж., считая от межени, то подводную часть свай надо приводить в неизменяемую систему путем устройства **подводных** связей, доведенных до дна. Такие связи устраиваются при помощи сжатых подкосов из бревен или вытянутых тяжей из круглого железа.

Подводные подкосы. Деталь устройства подводного подкоса изображена на рис. 14 лист. 40. Нижним концом подкос упирается в подбабок, который на уровне дна реки врублен зубьями в сваю. Верхним концом, и притом выше воды, подкос врезан двойным зубом в следующую сваю и упирается в парную поперечную и парную продольную схватки, которые обжимают сваи. Установка подкоса на место производится следующим образом. Перед забивкою сваи к ней прирубывается и приболчивается подбабок так, чтобы после забивки сваи подбабок находился на дне реки. Перед тем как опустить подкос, на его нижний конец надевают продолговатое кольцо из 22 мм. круглого железа и укрепляют кольцо к подкосу двумя костылями. Затем, подняв подкос до верху сваи и надев на нее железное кольцо, опу-

скают подкос вдоль сваи до тех пор, пока нижний конец подкоса станет на подбабок. После этого поворачивают подкос около его нижнего конца, а верхний конец подкоса сопрягают со следующею сваею.

Вместо отдельных подводных подкосов, можно устраивать подводные подкосные рамы. Бык с такими рамами изображен на лис. 38 атласа. Соответственно четырем концам ферм, опирающимся на бык, коренные сваи размещены в четырех кустах по девяти свай в каждом. Боковая устойчивость быка достигается 1) наружными укосинами, которые своим верхним концом врублены в коренные сваи, а нижним концом упираются в откосные сваи на уровне меженних вод, 2) распорными крестами между коренными сваями. Так как нижние горизонтальные схватки устроены на уровне межени и глубина воды = 2,25 саж., считая от межени, то между сваями устроены подводные связи в виде подкосных рам. Между коренными сваями устроен крест из двух подкосных рам, а по бокам между откосными и коренными сваями поставлено по одной подкосной раме. Каждая боковая подкосная рама составлена из двух подкосов, связанных между собою по низу подушкою из бревна, по середине распоркою из двух пластин и еще двумя крестами из пластинчатых диагональных схваток. Своим нижним концом рама упирается в две сваи, которые забиты рядом с откосными сваями и срезаны немного выше дна реки. Для удержания рамы от сдвига вдоль моста, к нижней подушке приболчен отрезок бревна, входящий в зазор между двумя откосными сваями. Верхним концом подкосы рамы упираются в коренные сваи и в продольную схватку. Для установки такой подводной рамы, поступают так: прислонив раму к откосным сваям, опускают ее в воду и нижнею подушкою ставят на головы обеих срезанных свай, так чтобы отрезок бревна, приболченный к подушке, входил в промежуток между двумя откосными сваями. Затем поворачивают раму около ее нижней подушки до тех пор, пока ея подкосы упрутся в коренные сваи. Подкосные рамы, образующие крест между коренными сваями, устроены немного иначе. Каждая из этих рам составлена из трех подкосов, которые ниже точки пересечения обеих рам связаны между собою распоркою из двух пластин, крестом из диагональных схваток и нижнею подушкою из бревна. Выше пересечения подкосы ничем не связаны между собою, чтобы позволить установку рам путем вертикального опускания и последующего поворачивания около нижней подушки. Три подкоса, входящие в состав обеих перекрещивающихся рам, расположены так, чтобы одиночный подкос одной рамы помещался между двойным подкосом другой рамы, причем в каждой раме одиночный подкос находится в вертикальной плоскости свай внутреннего ряда соответственного куста, а бревна двойного подкоса расположены в плоскости свай обоих наружных рядов другого куста. Каждая из перекрещивающихся рам опирается на три сваи, которые забиты рядом с коренными сваями в местах расположения подкосов и срезаны немного выше дна. Для удержания рам на месте, к нижней подушке приболчен отрезок бревна, входящий в зазор между двумя коренными сваями.

Подводные тяжи из круглого железа. Чтобы подводную часть свай привести в треугольную связь, можно пользоваться наклонными тяжами из круглого железа диам. 20 до 25 м.м. Рассмотрим два способа устройства

таких тяжей. Согласно рис. 7 на лис. 36, нижний конец тяжей при помощи особого крюка прикрепляется к сваям до их забивки; по окончании забивки, верхний конец тяжей, снабженный винтовою нарезкою, пропускается через обрубки бревна, прикрепленные к сваям. Натяжение тяжей достигается завинчиванием гаек.

Другое устройство подводных тяжей поясним на следующем примере (рис. 2 на лис. 40). 4 сваи *a b c d*, расположенные в одном ряду, требуется связать крестом из подводных тяжей. После того, как сваи *a b c d* забиты, вплотную к крайним сваям *a* и *d* забивают ручною бабою и на глубину 0,30 до 0,40 саж. две дополнительные сваи *e* и *f*, в которые предварительно загоняют по железному крюку диам. $^7/_8$ дм. Каждый тяж сделан из круглого железа диам. $^3/_4$ до $^7/_8$ дм. и согласно рис. 2 изогнут так, чтобы образовались две параллельные ветви, по концам снабженные винтовою нарезкою. Чтобы установить на место тяж *d*, его спускают вдоль сваи *e* в вертикальном положении и нижним концом с закруглением *m* зацепляют за крюк; после этого наклоняют тяж и его верхние концы с нарезкою пропускают через деревянный обрубок или схватку и завинчивают гайки. Дополнительные сваи *e* и *f* надо предварительно скрепить болтами со сваями *a* и *d*.

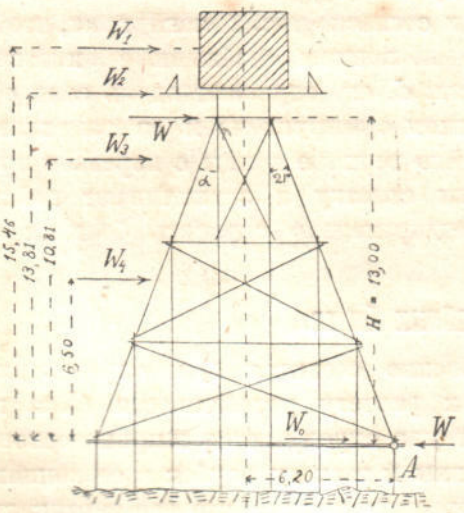
§ 80. Расчет свайных быков.

На практике расчет быка обыкновенно сводится 1) к определению числа и размеров коренных свай, 2) к расчету устойчивости быка на опрокидывание под действием ветра, откуда определяется ширина основания быка и 3) к подбору сечения укосины и расчету врубок в ее концах.

1. Расчет коренных свай ведется в предположении, что все вертикальное давление от постоянной и временной нагрузки двух смежных пролетов моста передается только коренным сваям, между тем как откосные сваи посредством укосин воспринимают только горизонтальное давление ветра на мост. При определении вертикального давления на бык обыкновенно считают, что прогоны разрезаны над быками, т. е. что инфлюентная линия давления на бык представляет треугольник с основанием, равным двум пролетам и с ординатою = 1 над рассматриваемым быком. Установив при помощи этой линии поезд в самом невыгодном положении, можно расчитать наибольшее давление A_k на бык, вызванное поездом. Давление A_p быка на грунт от постоянной нагрузки слагается из веса проезжей части, прогонов с подбалками, насадок, коренных и откосных свай, укосин, горизонтальных и диагональных схваток, болтов и прочих частей быка. Полное вертикальное давление быка на грунт $A = A_p + A_k$. Если число коренных свай $= k$, то на каждую из них приходится давление $P = \frac{A}{k}$. Задавшись диаметром свай, поверяем их на продольный изгиб; измерив на чертеже свободную длину свай, по таблице на стр. 25 определяем коэффициент φ уменьшения допускаемого напряжения на случай продольного изгиба, после чего прочность сваи поверяем по формуле $n = \frac{P}{\varphi . \omega} <$ допускаемого напряжения на простое сжатие. Чтобы выяснить

длину коренных свай, необходимо определить глубину их забивки. По давлению P, приходящемуся на сваю и по известным нам весу и высоте падения бабы определяем из таблиц на стр. 274 до 276 величину осадки. Затем забиваем пробную сваю до тех пор, пока она даст указанную осадку. Измерив глубину забивки пробной сваи, можно определить полную длину свай.

2. Расчет устойчивости быка на опрокидывание под действием ветра. Давление ветра, стремящееся опрокинуть бык, соответствует участку моста λ, равному длине двух полупролетов справа и слева от быка и, в случае действия слабого ветра в 132 к/м.² на мост с ездою по верху, слагается (фиг. 538) 1) из давления на порожние товарные вагоны: $W_1 = 3 . \lambda . 132$ к. 2) из давления на проезжую часть высотою h_1 : $W_2 = h_1 . \lambda . 132$ к.; 3) из давления на фермы высотою h_2, вводя половину полной их площади, $W_3 = {}^1/_2 . h_3 . \lambda . 132$ к. и 4) из давления на бык высотою H и толщиною $\triangle$: $W_4 = H . \triangle . 132$ к. Все эти силы стремятся опрокинуть бык около его ребра A. Плечи действия каждой силы относительно точки A указаны на фиг. 538 в метрах. Сумма опрокидывающих моментов всех сил W относительно A:



Фиг. 538.

$$M_0 = W_1 . 15{,}46 + W_2 . 13{,}81 + W_3 . 10{,}81 + W_4 . 6{,}5.$$

Этому моменту сопротивляется момент вертикальных сил, т. е. веса порожних вагонов, $G_1 = 850 . \lambda$, а также веса пролетного строения и самого быка, составляющего G_2. Эти силы действуют по оси быка, имея относительно точки A плечо, равное половине ширины b основания быка. Этой шириной b надо задаться. В однопутных железнодорожных мостах ширину b принимают равною полной высоте быка до 0,8 этой высоты. Итак сопротивляющийся момент $M_c = (G_1 + G_2) . b/2$. Отношение сопротивляющегося момента к опрокидывающему, т. е. $\frac{M_c}{M_0} = \mu$, называется коэффициентом устойчивости, который должен быть не менее чем 1,5. Это условие дает возможность определить надлежащую ширину b основания быка.

3. Для расчета укосин, горизонтальных и диагональных схваток удобно пользоваться способом моментов (Риттера), если допустить, что в каждой панели быка напряжена только одна из перекрещивающихся диагональных схваток. Согласно рис. 3 на лис. 40 допустим, что при ветре слева работают только те диагонали, которые показаны сплошными линиями и растянуты. Диагонали, показанные пунктиром, работают при ветре справа. Укосины напряжены больше всего в нижней панели быка. Поэтому ограничимся расчетом усилия S_1 в элементе BD правой укосины. Проводим сечение 1 — 1 и рассматриваем ту часть быка, которая находится выше

этого сечения. За точку моментов принимаем узел A. Все внешние силы, расположенные выше сечения 1—1, дают относительно узла A момент $M_A = W_1 . h_1 + W_2 . h_2 + W_3 . h_3 + W_4 . h_4$. Из пересеченных внутренних сил силы D_1 и R_1 проходят через точку моментов, а коренные сваи не участвуют в передаче горизонтальной нагрузки; поэтому момент внутренних сил $= S_1 . \rho$. Приравнивая моменты внешних и внутренних сил, получаем сжимающее усилие в элементе BD правой укосины: $S_1 = \frac{M_A}{\rho}$.

Для расчета усилия D_2 в диагональной схватке CF, проводим сечение 2—2 и рассматриваем часть быка, расположенную выше этого сечения. За точку моментов принимаем точку O пересечения укосин. Все внешние силы, находящиеся выше сечения 2—2, дают относительно точки O момент $M_0 = W_1 . k_1 + W_2 . k_2 + W_3 . k_3$.
Из пересеченных внутренних сил момент $D_2 . d_2$ дает только сила D_2 диагонали CF. Приравнивая моменты внешних и внутренних сил, получаем растягивающее усилие в диагонали CF: $D_2 = + \frac{M_0}{d_2}$.

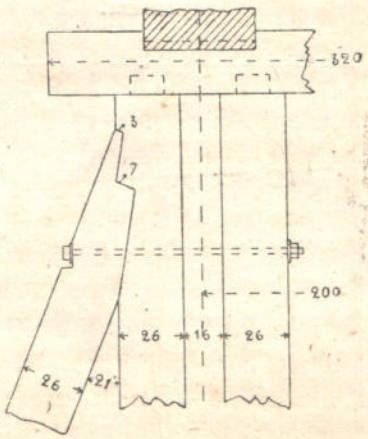
Чтобы расчитать усилие R_2 в горизонтальной схватке CD, проводим сечение 3—3 и приняв точку O пересечения укосин за точку моментов, рассматриваем равновесие части быка, расположенной выше сечения 3—3. Приравнивая момент M_0' внешних сил моменту $R_2 . r_2$ внутренних сил, получаем сжимающее усилие распорки CD: $R_2 = - \frac{M_0'}{r_2}$.

4. Подбор сечения укосины. Укосину, сжатую усилием $S = 7000$ к. принимаем из бревна диам. 6 верш. = 26 см. Расчетная длина $l = 530$ см. При отношении $\frac{l}{d} = \frac{530}{26} = 20$, из таблицы на стр. 25 получаем коэффициент $\varphi = 0{,}49$. Сжимающее напряжение укосины

$$\sigma = \frac{S}{\varphi . \omega} = \frac{7000}{0{,}49 . 531} = 26{,}9 \text{ к/см.}^2 < 70.$$

В коренную сваю верхний конец укосины врублен двойным зубом (фиг. 539) без шипа. На смятие работают два сегмента со стрелами в 3 и 7 см. и с хордами в 16,6 и 23 см. Площадь сегментов $= {}^2/_3\, 3 . 16{,}6 + {}^2/_3 . 7 . 23 = 140{,}5$ см.^{2}. Напряжение во врубке на смятие вдоль волокон =

$$\frac{7000}{140{,}5} = 49{,}8 \text{ к/см.}^2 < 50.$$

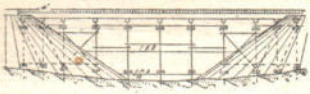


Фиг. 539.

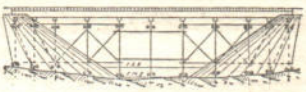
§ 81. Свайные эстакады.

Свайные эстакады представляют многопролетные мосты, состоящие из простых балочных пригонов небольшого пролета, уложенных на свайных быках, которые в зависимости от высоты устраиваются одиночными или двойными. Для связи быков вдоль моста пользуются продольными схватками или крестами. Кресты, образуя треугольную систему, создают более жесткую связь, чем схватки. Во избежание устройства стыков в продольных

схватках, их делают двухъярусными. Чтобы не стеснять прохода высоких вод, кресты следует располагать только выше горизонта высоких вод. Схема эстакады высотою до 2,5 саж. на одиночных быках, связанных между собою продольными схватками, показана на фиг. 540. Чтобы увеличить продольную жесткость эстакады, крестами снабжают несколько пролетов (фиг. 541 и 544). Схемы эстакад с двойными быками при высоте насыпи от 2 до 4 саж. и при небольшой глубине высоких вод, изображены на фиг. 542 и 543, причем фиг. 542 соответствует разбивке отверстия на нечетное число пролетов, а фиг. 543—на четное число. В этих двух случаях горизонт высоких вод расположен очень низко. При значительном возвышении этого горизонта, крестовые схватки двойных быков нельзя доводить до основания быков; тогда выше горизонта высоких вод ставят кресты во всех пролетах, согласно фиг. 545 и 546.

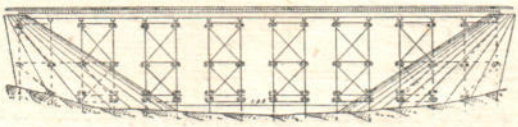


Фиг. 540.

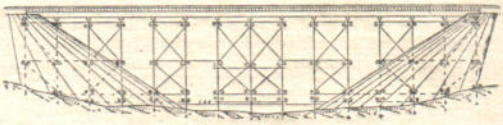


Фиг. 541.

Тип Средне-Сибирск. ж. д при высоте насыпи до 2,5 саж. при малом (фиг. 540) и при большом (фиг. 541) возвышении моста над горизонтом высоких вод.

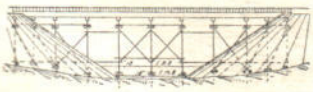


Фиг. 542.



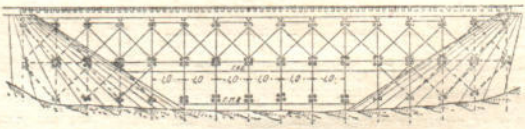
Фиг. 543.

Типы Средне-Сибирской жел. дор. при незначительной высоте подпорного горизонта.



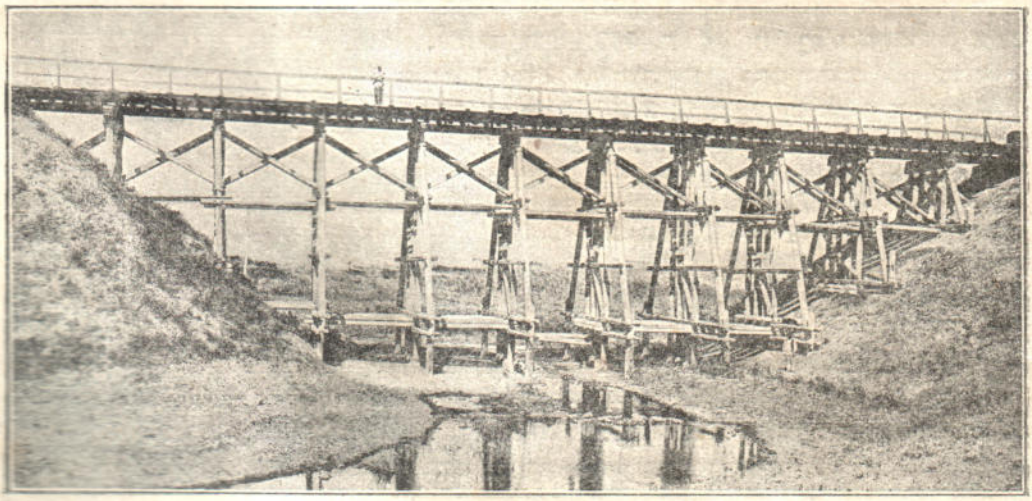
Фиг. 544.

Тип Средне-Сибирской ж. д. при небольшой высоте подпорного горизонта.



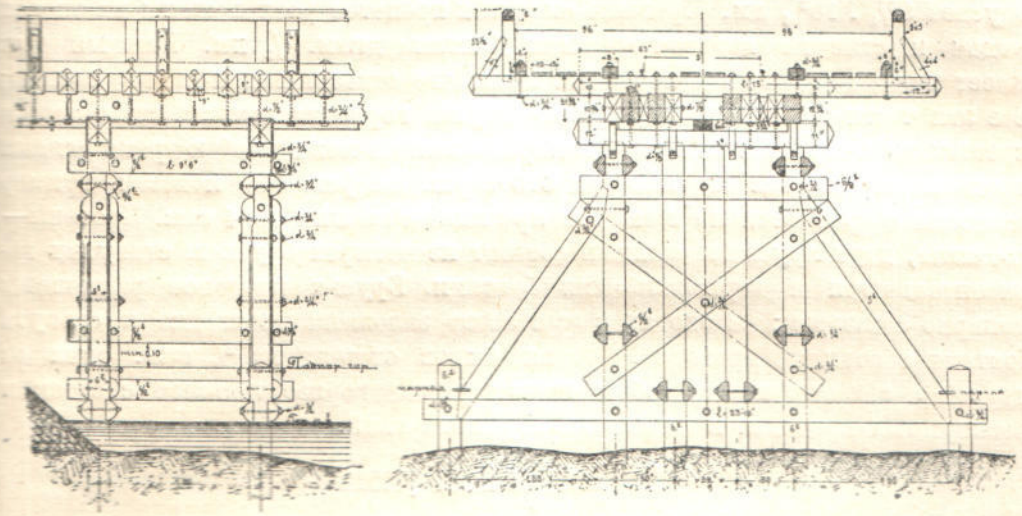
Фиг. 545.

Тип Средне-Сибирской ж. д. при средней высоте подпорного горизонта.



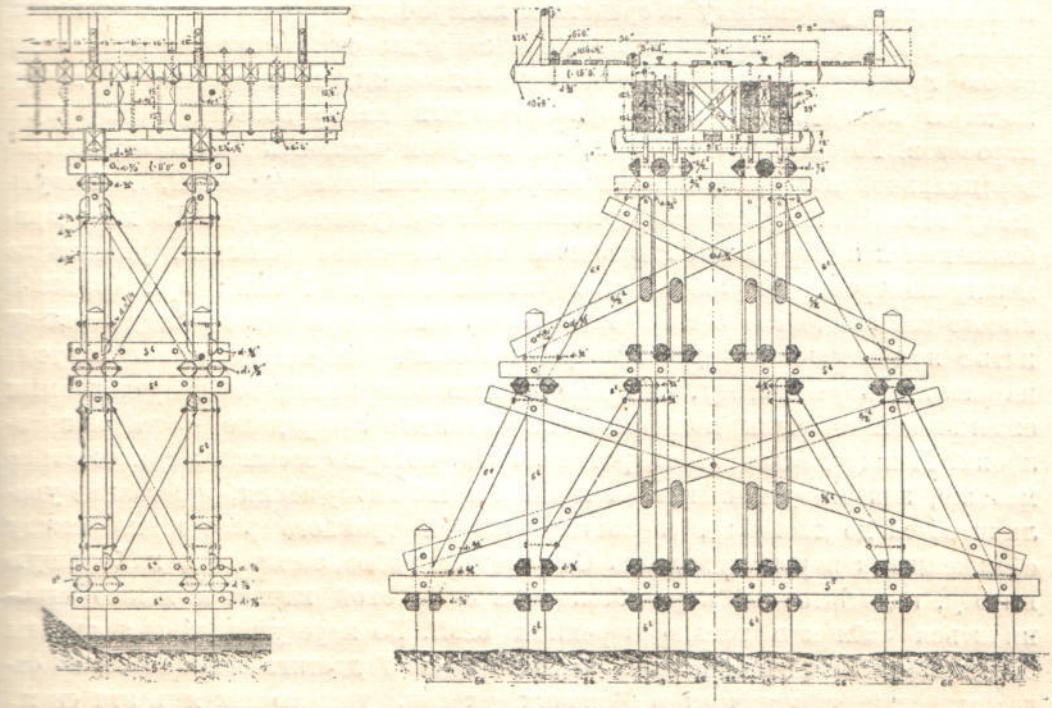
Фиг. 546. Мост с пролетами по 2 саж. на Ставропольской ветви Владикавказской ж. д.

Основные размеры эстакад. Величина отдельных пролетов 1—1,5 и 2 саж. Высота эстакад от 2 до 5 саж. Толщина двойных быков 0,75 и 1 саж.



Фиг. 547. Эстакада Пермь-Котласской жел. дор. при высоте насыпи до 3 саж.

Для быстрой постройки свайных эстакад, расположенных над водою, рекомендуется забивать сваи быков при помощи копра-пионера, установ-



Фиг. 548. Эстакада Пермь-Котласской жел. дор. при высоте насыпи от 3 до 4 саж.

ленного на железно-дорожной платформе так, чтобы стрелы копра вместе с бабою свешивались вперед для забивки свай следующего быка. Опи-

до 17 метров

сание копра-пионера и производство работ с его помощью описано в § 65 (см. лис. 31 и 32).

Пример эстакады с пролетами по 1 саж., при высоте насыпи до 3 саж. (фиг. 547). Прогоны—сложные, одноярусные, каждый из двух брусьев $8^3/_4 \cdot 10^3/_4$ дм. Прогоны смежных пролетов расположены на опорах рядом и стянуты горизонтальными болтами диам. $^7/_8$ дм. Каждый бык имеет четыре одиночных коренных сваи, две откосных сваи и две укосины; все эти части связаны между собою двумя горизонтальными схватками и крестом из полусхваток. Быки попарно связаны между собою тремя рядами продольных схваток из пластин 6.3 верш. На фиг. 548 показан пример эстакады с пролетами по 2 саж. и при высоте насыпи до 4 саж. Прогоны—сложные, двухъярусные: каждый состоит из четырех брусьев, стянутых горизонтальными и вертикальными болтами. Брусья прогонов размещены попарно с зазором; на опорах в этот зазор заложена прокладка и стянута болтами с концами прогонов. Стенки быков отстоят на $^3/_4$ саж. одна от другой и связаны между собою целым рядом горизонтальных схваток и распорными крестами в плоскости коренных свай.

§ 82. Типы свайных устоев.

Свайные устои состоят из нескольких поперечных рядов свай, которые забиты в грунт до отказа и перекрыты балочными прогонами или подкосными фермами. Чем выше насыпь, тем больше поперечных рядов свай входят в состав устоя. Сваи каждого поперечного ряда приводятся в неизменяемую систему посредством поперечных и диагональных схваток. По направлению вдоль моста поперечные ряды свай связываются между собою горизонтальными схватками и подкосами, восходящими к концу моста и воспринимающими горизонтальный напор насыпи и силу тяги паровозов. Готовый устой засыпается конусом земляной насыпи и, помимо вертикальной нагрузки, должен сопротивляться напору земли, действующему вдоль моста, для чего принимаются следующие меры. По мере приближения к концу моста, где высота конуса самая большая, расстояние между поперечными рядами свай уменьшается до 1 саж.; при большой высоте насыпи (около 5 саж.) такое расстояние сохраняется между первыми пятью или шестью поперечными рядами свай, которые засыпаны конусом на значительную высоту. Эти сваи связываются между собою продольными схватками и сжатыми подкосами нисходящего к середине моста направления. Между дальнейшими рядами свай, которые засыпаны сравнительно меньше, и поэтому испытывают лишь слабый напор земли, расстояние увеличивается до двойного, а иногда еще до тройного расстояния между сближенными первыми рядами. Сваи первых рядов, засыпанные на большую высоту, в достаточной мере обеспечены от боковой качки; и можно ограничиться забивкою только коренных свай. По мере уменьшения высоты засыпки, боковая устойчивость коренных свай достигается забивкою откосных свай и установкою боковых укосин, упирающихся в эти сваи. Рассмотрим два примера свайных устоев разной высоты.

На листе 41 атласа показан двухпанельный свайный устой высотою 2,3 саж., состоящий из 4-х поперечных рядов 7 верш. свай, пере-

крытых 4-мя двух'ярусными прогонами на шпонках. Первые три ряда свай отстоят один от другого на 1 саж., а последние два ряда сближены до расстояния в 0,25 саж. и примыкают к опоре, поддерживающей железное пролетное строение (см. поперечный разрез по А—А). Как видно из поперечного разреза по Б—Б и плана расположения свай, последние три поперечных ряда свай устоя составлены каждый из 4-х коренных и 2-х откосных свай, которые служат упором для укосин. В первом ряду откосных свай нет. Сваи каждого ряда связаны между собою насадкою, нижнею горизонтальною схваткою из 2-х пластин и перекрестными диагональными полусхватками из пластин. По направлению вдоль моста поперечные ряды свай связаны между собою нижнею горизонтальною схваткою из бревна и двух пластин и в каждой панели—четырьмя подкосами из 6 верш. бревна, которые вверху и внизу упираются в поперечные схватки.

На листе 42 атласа показан пятипанельный свайный устой высотою 4,3 саж., состоящий из 6 поперечных рядов 6 верш. свай. Первые пять рядов отстоят один от другого на 1 саж. и перекрыты балочными прогонами. Пролет между пятым и шестым рядом=2 саж. и перекрыт одноподкосными фермами. Шестой ряд свай представляет одно целое со свайною опорою, поддерживающею 20 саж. железное пролетное строение. Как видно из поперечного разреза по С—Д и плана расположения свай во всех поперечных рядах имеется по 4 коренных сваи. Укосин нигде не поставлено, так как первые четыре ряда засыпаны на большую высоту, а последний шестой ряд удерживается от боковой качки тем, что он прочно связан с солидною опорою железного пролетного строения. Сваи каждого поперечного ряда связаны между собою насадкою, на трех уровнях—парными горизонтальными схватками, и тремя крестами из диагональных полусхваток. По направлению вдоль моста поперечные ряды свай связаны между собою тремя продольными схватками и восходящими подкосами, которые упираются в сваи и в поперечные схватки. Стык всех свай принят на 0,32 саж. выше земли; наращивание устроено в полдерева с обжатием стыка продольными и поперечными схватками.

Ремонт загнивших свай мостовых устоев. Срочные задания в минувшую мировую войну вызвали постройку большого числа деревянных мостов при значительной высоте насыпи. После 6—7 лет службы эти мосты приведены в сильное расстройство. Гражданская война помешала своевременно заменить эти временные мосты постоянными; поэтому в настоящее время на очереди стоит вопрос о ремонте этих мостов. Наиболее слабыми местами этих мостов оказались загнившие сваи и узловые соединения, находящиеся в конусах насыпей. Замечается повреждение таких свай на глубину до 3 саж.; местами попадаются сваи, прогнившие насквозь, в других местах сгнил только наружный слой толщиною в $^1/_4$ диаметра свай. В местах наращивания свай наблюдается в'едание волокон одного конца сваи в другой конец на протяжении до 0,20 саж. В узловых соединениях нарушена всякая связь между отдельными частями, болты погнуты (рис. 6 и 7 лис. 44). Эти повреждения влекут за собою просадки прогонов, опасные для движения по мосту.

Первоначально ремонт, как отдельных свай, пришедших в негодность, так и свайных рядов, производился помощью их откапывания до той глубины, где сваи сохранились в целости; после этого негодная часть свай заменялась новою вставкою. Эта работа была очень сложна, мало продуктивна, дорога и вносила мало нового в состояние моста, не удаляя слабых его мест. Исходя из того, что насыпь у мостов на ветке Киев—Гавань уже вполне слежалась, инж. В. Е. Трегубов предложил новый способ ремонта загнивших устоев этих мостов. По этому проекту (см. лис. 43 атласа) сгнившие свайные опоры заменяются рамными опорами. Под каждым ремонтируемым рядом свай в конусе выравнивается горизонтальная площадка, которая от вышележащей насыпи ограждается деревянною подпорною стенкою. На площадке кладется сплошной настил из шпал, распиленных пополам, а на этом настиле укладывается продольный лежень, который служит основанием для свай, в которых отпиливается негодная вышележащая часть и заменяется новою. Длина настила из полушпал длиною 0,6 саж., связанных между собою двумя досками (10×3 дм.) и болтами (см. рис. 3 и 4 лис. 43), равняется расстоянию между крайними сваями, увеличенному с каждой стороны на 0,32 саж. Наибольшее давление, передаваемое шпальным настилом на грунт, от действия постоянной нагрузки и поезда составляет 0,74 к/см.^{2}, что вполне допустимо для плотно слежавшейся насыпи. Под сваи 1-го и 2-го ряда подводится общий фундамент из брусьев длиною 1,6 саж., связанных между собою 4-мя досками (рис. 1 лис. 43). Лежень, служащий основанием для спиленных свай, состоит из двух брусьев 8×10 дм., уложенных один на другой с помещением между ними клиньев по одному под каждою сваею (рис. 3 и 4 лис. 43). Забивкою клиньев регулируется положение рамной опоры. От перемещения вдоль моста лежень удерживается врубкою его нижнего бруса в шпальный настил на глубину $1^1/_2$ дм. От приподнятия лежень удерживается 5 верш. свайками, забитыми по обе стороны лежня и снабженными вырезами для него (рис. 3 и 4 лис. 43). Спиленные сваи и укосины врубаются шипом в верхний брус лежня и связываются с ним скобами. Деревянные подпорные стенки, ограждающие рамные опоры от бокового давления земли, состоят из 5 верш. сваек, забитых на глубину 0,5 саж. на взаимном расстоянии в 0,8 до 0,85 саж. и забранных 3 дм. досками (рис. 5); каждая свайка подпирается 4 верш. подкосом, нижний конец которого упирается в шпальный настил. Согласно варианту, изображенному на рис. 6 лис. 43, подпорная стенка может состоять из сплошного ряда $3^1/_2$ верш. сваек, забитых на 0,5 саж. и при помощи горизонтальной схватки подпертых 4 верш. подкосами, отстоящими один от другого на 0,8—0,85 саж.

Производство работ. Работы ведутся без перерыва движения поездов и начинаются с середины отверстия моста. Образовав площадку-выемку и оградив ее подпорною стенкою, приступают к разгрузке свайного ряда. В концах моста, где высота свай небольшая, разгрузку проще всего производить при помощи вертикальной рамы, которая временно поддерживает прогоны моста (рис. 1 на лис. 44). Эта рама состоит из нескольких стоек и двух укосин, перекрытых насадкою и опирающихся на лежень, уложенный на грунт. С соседними рядами свай эта рама соединяется гори-

зонтальными схватками. Если высота свайного ряда значительная, разгрузка производится двумя рядами подкосов, при помощи поперечных схваток, поддерживающих сваи в месте их сопряжения с затяжками. Своим нижним концом подкосы упираются в лежень, уложенный на земле (рис. 2 лис. 44). Если этот лежень нельзя уложить на земле, под него подводится рама из ряда стоек, которую устанавливают на шпальном настиле следующего ряда свай, или на подпорной стенке, или непосредственно на грунт (рис. 3 лис. 44). Чтобы удержать эту раму от опрокидывания, на ней укладывают несколько продольных схваток, на которые кладется нижний лежень подкосов. Разгрузив ремонтируемый свайный ряд, спиливают сгнившие части свай, затяжек, схваток и проч., укладывают шпальный настил и на нем лежень будущей опоры; после этого приступают к наращиванию свай. Если по окончании сборки отремонтированная опора имеет некоторый уклон по направлению вдоль моста, опору можно поставить вертикально, действуя на ее нижний конец горизонтально установленным винтовым домкратом, упирая его в соседнюю опору, которую временно укрепляют подкосами (рис. 4 лис. 44). Затем переходят к выравниванию просадок в прогонах. На брусках, уложенных на шпальном настиле по обе стороны сваи, устанавливают 2 домкрата, и при помощи двух стоек и насадки соединяют их со сваей в месте сопряжения с затяжкою (рис. 5 лис. 44). Подняв опору на требуемую высоту, подбивают клинья, находящиеся между брусьями лежня; после этого можно удалить домкраты и засыпать опорные площадки. Эта засыпка однако не обязательна—и оставление площадок незасыпанными имеет даже некоторые преимущества: основание ремонтированных опор менее подвергается загниванию и всегда может быть тщательно осмотрено. При производстве такого ремонта свайных устоев на ветке Киев -Гавань Ю. З. ж. д. на ремонт одного свайного ряда, включая сюда все работы, потребовалось сперва около 125 рабочих дней, ремонт следующих рядов потребовал около 100 дней и наконец, когда рабочие освоились с этой работой, число рабочих дней на ремонт одного ряда сократилось до 80. Весь ремонт моста длиною 22 саж. без перерыва движения был закончен в 50 дней.

ГЛАВА XIV.

РАМНЫЕ ОПОРЫ.

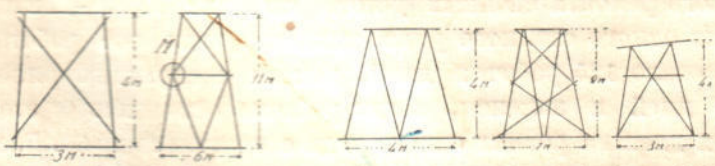
Рамные опоры состоят из вертикальных рам, расположенных или рядом (двойные, тройные быки), или одна над другою (многоярусные быки). Рамными опорами пользуются при грунтах каменистых или вечно мерзлых, не допускающих забивки свай, а также во всех случаях, когда желают развить фронт работ для ускорения постройки. Удобство рамных опор заключается в том, что каждая рама может быть собрана отдельно и в стороне от места работ, после чего остается только установить все рамы на место. Рамные опоры получили особенно широкое применение в Америке, для постройки высоких эстакад, взамен дорого стоющих насыпей. Рамные опоры чаще всего применяются в суходолах и на поймах с очень слабым течением. Если по суходолу могут протекать ливневые воды с большою

скоростью, то рамные опоры должны быть ограждены от подмыва. В случае устройства прочного фундамента, рамные опоры пригодны также для рек со слабым течением. Рамы должны быть укреплены от сдвига по течению; для этой цели за рамною опорою можно забить несколько упорных свай. Рамные опоры не обладают устойчивостью по направлению вдоль моста, приближаясь к так называемым качающимся опорам. Поэтому один конец ферм надо закреплять на устое, а другой конец, опирающийся на рамную опору, следует прикреплять к ней болтами или же верхнюю насадку рамы зажимать между двумя поперечными брусьями, прикрепленными к фермам снизу. Ознакомимся сперва с типами и устройством одиночных рам.

§ 83. Типы одиночных рам и их устройство.

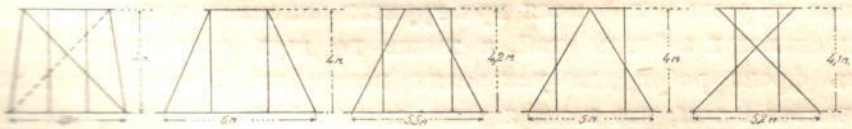
Каждая рама, обыкновенно, состоит из коренных стоек и укосин, связанных между собою сверху и снизу горизонтальными насадками или схватками; элементы рамы приводятся в треугольную систему посредством схваток и распорных крестов. Высота рамы определяется длиною имеющегося лесного материала и составляет, обыкновенно, от 6 до 8 мет. Типы рам, встречающиеся на практике, очень разнообразны. Произведем их классификацию по числу коренных стоек.

1. Рамы без вертикальных стоек. В отличие от свайных быков, где укосины устраиваются только для боковой устойчивости быка, в рамах очень часто укосинам передают вертикальную нагрузку, что дает возможность уменьшить число коренных стоек или совсем не устраивать таковых. На фиг. 549 показаны рамы с двумя укосинами. Первая рама высотою в 4 мет. приведена в треугольную систему диагональными полусхватками, а вторая рама высотою в 11 мет.—распорным крестом и двумя полураскосами. На фиг. 550 до 552 показаны рамы с четырьмя укосинами. В зависимости от высоты рамы и желаемой жесткости, укосины рам связываются одною горизонтальною схваткою (фиг. 552), или двумя крестами из диагональных полусхваток (фиг. 551).



Фиг. 549. Фиг. 550. Фиг. 551. Фиг 552.

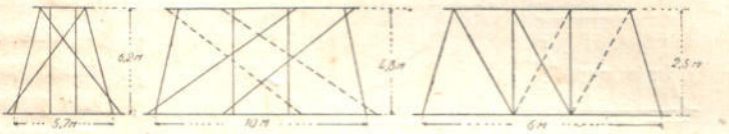
2. Рамы с двумя коренными стойками могут иметь одну или две пары укосин. В рамах с одною парою укосин укосины могут быть расположены всецело снаружи коренных стоек (фиг. 553 и 554), или же



Фиг. 553. Фиг. 554. Фиг. 555. Фиг. 556. Фиг. 557.

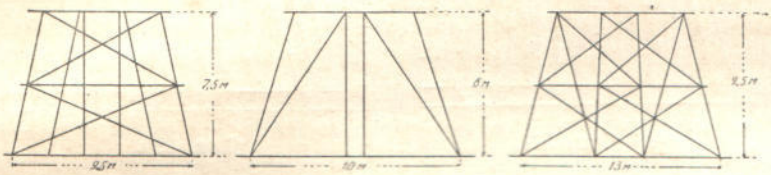
пересекать стойки (фиг. 555 до 557). Чтобы не ослаблять стоек в месте пересечения с укосинами, применяют парные стойки и одиночные укосины или наоборот. Составные элементы рам связываются между собою крестом

из диагональных полусхваток (фиг. 558), или двумя такими крестами (фиг. 559), сдвинутыми один относительно другого, или диагональными полусхватками, расположенными в виде буквы W (фиг. 560). В рамах с двумя парами укосин укосины могут быть



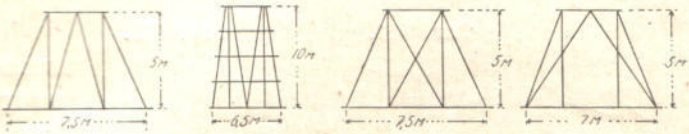
Фиг. 558. Фиг. 559. Фиг. 560.

помещены различно: 1) обе пары укосин находятся снаружи стоек (фиг. 561 до 563); 2) одна пара укосин находится снаружи, а другая—между



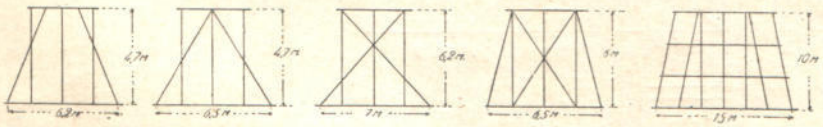
Фиг. 561. Фиг. 562. Фиг. 563.

стойками (фиг. 564 до 566); 3) одна пара укосин расположена снаружи стоек, а другая пересекает стойки (фиг. 567). Наружное расположение укосин применяется в рамах не высоких, но широких, например, в нижних ярусах многоярусных опор.



Фиг. 564. Фиг. 565. Фиг. 566. Фиг. 567.

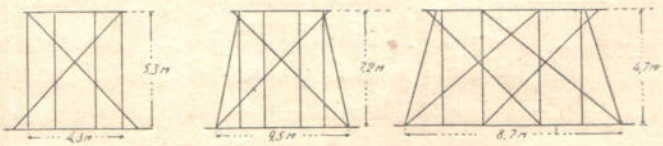
3. Рамы с тремя коренными стойками встречаются с одною, двумя и тремя парами укосин. Примеры рам с одною парою укосин показаны на фиг. 568 до 572, из которых видим, что укосины могут занимать разное положение. При расположении укосин так, чтобы оне пересекали стойки (фиг. 569 и 570), диагональных схваток не требуется, так как сами укосины



Фиг. 568. Фиг. 569. Фиг. 570. Фиг. 571. Фиг. 572.

придают раме необходимую жесткость. На фиг. 572 показана рама с двумя парами укосин. Такие рамы применяются в нижних ярусах опор.

4. Рамы с четырьмя коренными стойками. На фиг. 573 показана рама без укосин, а на фиг. 574 и 575—рамы с одною парою наружных укосин. Стойки этих рам связаны между собою диагональными полусхватками. Если укосины пересекают стойки (фиг. 576 до 578), можно обойтись без диагональных схваток.

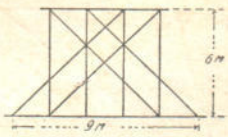


Фиг. 573. Фиг. 574. Фиг. 575.

Взаимное соединение частей одиночных рам. Концы коренных стоек и укосин связываются наверху и внизу насадкою или парною схваткою.

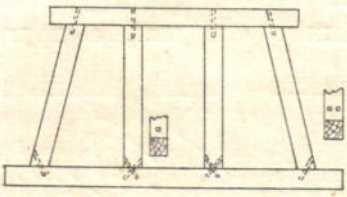
Фиг. 576.

Фиг. 577.

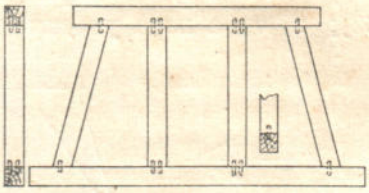


Фиг. 578.

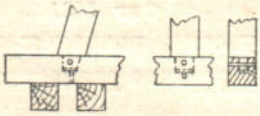
Сопряжение с насадкою производится по одному из следующих способов. 1) Стойки и укосины срезываются по плоскости, примыкают непосредственно к насадке и свя-



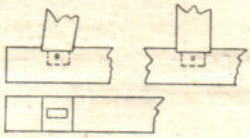
Фиг. 579.



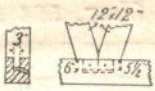
Фиг. 580.



Фиг. 581.

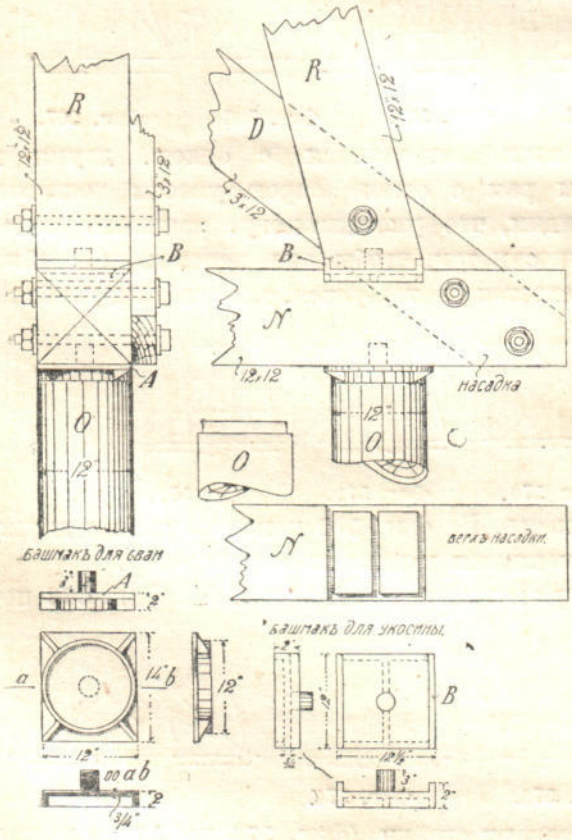


Фиг. 582.



Фиг. 583.

зываются железными гвоздями или штырями (фиг. 579 и 580). Диаметр штырей $^3/_4''$, а длина 8″. 2) Стойки и укосины врубаются в насадку шипом (фиг. 581 до 583), а чтобы соединение могло воспринимать растягивающие усилие, через шип

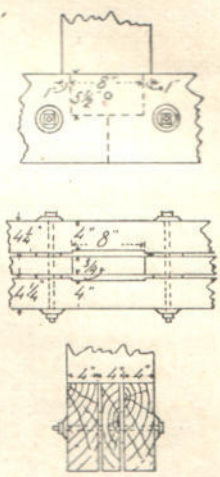


Фиг. 584.

Фиг. 585.

пропускают дубовый нагель диаметром $1^1/_4''$. Толщину шипа принимают=3″, а длину $5^1/_2''$. Чтобы давление стойки не передавалось шипу, гнездо в насадке вырубают на $^1/_2''$ глубже, чем шип. Для отвода воды, попадающей в гнездо, просверливают в нем дыру диаметром $^3/_4''$ (фиг. 583). В Америке устраивают сопряжения при помощи чугунной плитки с ребордами по краям и круглым шипом по середине (фиг. 584 и 585). Брусчатая укосина R (12.12 дм.) упирается в чугунную плитку толщиною $^3/_4$ дм., врубленную в насадку. Чтобы при действии ветра укосина не могла оторваться от насадки, конец досчатой диагональной схватки прикрепляют не только к укосине, но и к насадке при помощи болтов (фиг. 584).

Сопряжение стоек и укосин со схваткою делается по фиг. 586. В зазоре схватки помещена прокладка из $2^1/_2''$ доски, благодаря чему шип стойки обжат со всех четырех сторон, и увеличивается площадь торца, которому передается давление стойки. Обе половины схватки стянуты болтами.



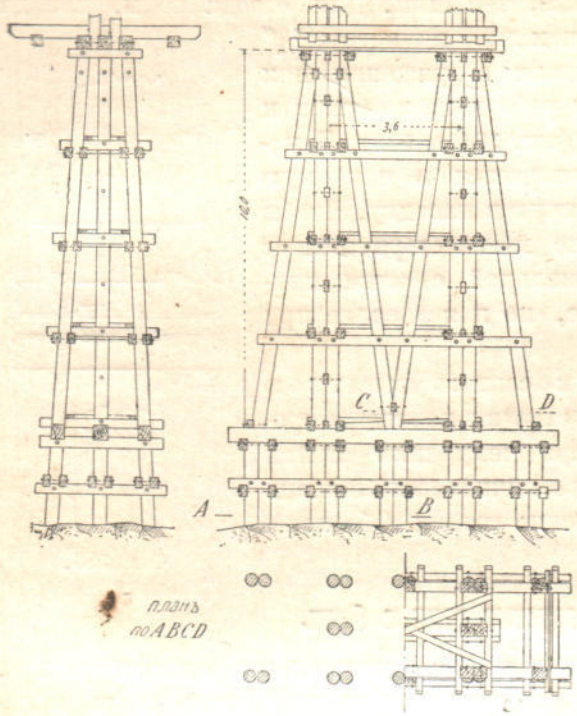
Фиг. 586.

§ 84. Одноярусные рамные быки.

В простейшем случае бык может быть устроен из одной рамы. Если высота быка незначительна, то устойчивость рам вдоль моста в достаточной мере обеспечивается прогонами, связывающими рамы между собою. При высоте быков больше 10 мет. следует принимать меры для их продольной устойчивости. С этой целью применяют укосины, расположенные вдоль моста или продольные схватки. Быки, несущие большую нагрузку, составляются из нескольких рам, поставленных рядом. Быки из двух рам будем называть двойными, из трех рам—тройными и т. д. Рамы устанавливаются или все вертикально, или же наружным рамам дают небольшой наклон (фиг. 587), чтобы повысить продольную устойчивость быка. Взаимная связь отдельных рам достигается поперечными и диагональными схватками, которые пропускаются в зазорах между рамами. Примеры двойных рамных быков показаны на листе 45 атласа. С левой стороны (рис. 1 и 2) мы видим два быка высотою 3 и 4 саж. с тремя коренными стойками в каждой раме; с правой стороны (рис. 3 и 4) изображены более сильные быки такой же высоты, имеющие по 4 коренных стойки в каждой раме. Обе рамы каждого быка связаны между собою тремя горизонтальными схватками из бревна, пропущенного в зазор между рамами; что же касается диагональных схваток, то оне приболчены к рамам снаружи и состоят из 5 верш. бревен.

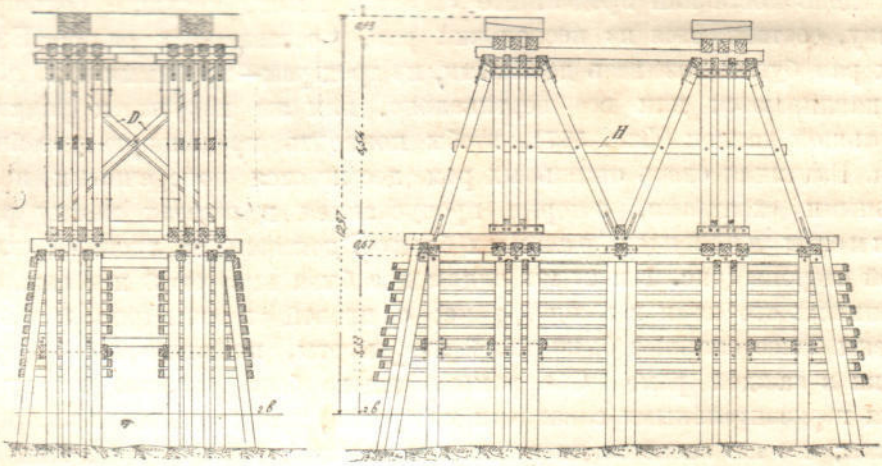
Пример тройного быка высотою 13 мет. показан на фиг. 587. Средняя рама быка установлена вертикально, а остальные две—наклонно. Расстояние между крайними рамами—понизу 2,25 мет., а поверху 1,2 мет. Высота рам—10 мет. В состав каждой рамы входят две парные коренные стойки из брусьев, связанных шпонками и болтами. Крайние рамы, кроме того, снабжены двумя парами укосин, из которых одна пара помещена

между стойками. Части крайних рам связаны между собою тремя парными схватками. Нижними насадками крайние рамы опираются на головы пяти парных свай; средняя рама поддерживается только двумя парными сваями. Междурамные связи состоят из целого ряда продольных схваток и горизонтальных крестов из досчатых диагоналей. В точке скрещения диагонали крестов проходят без ослабления, благодаря чему концы их пришлось немного отогнуть. В зазоры между верхними насадками рам заходят концы вертикальных схваток, обжимающих прогоны, благодаря чему смежные опоры удерживаются на строго определенном расстоянии.



Фиг. 587.

На фиг. 588 показан пример быка, состоящего из 8 рам высотою 14 мет. и поддерживающего железные фермы железнодорожного моста. В состав каждой рамы входят: две тройные стойки, пара наружных и пара внутренних укосин и, наконец, верхняя и нижняя насадки. Рамы разме-



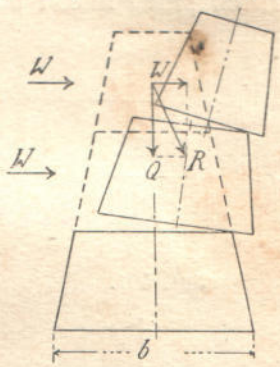
Фиг. 588.

щены в двух группах, по четыре под каждой фермой. Рамы каждой группы связаны между собою тремя поперечными схватками *H*. Связь между обеими группами достигнута устройством четырех крестов из диагоналей *D*. Кресты расположены в продольных зазорах коренных стоек. При помощи нижних насадок рамы опираются на свайный фундамент, состоящий из вертикальных и наклонных свай. На верхние насадки рам,

под каждою фермою уложены тройные продольные подушки для равномерного распределения нагрузки между всеми рамами опоры. Чтобы регулировать правильность установки ферм и создать центральную передачу давления, между каждою фермою и подушками уложены по две пары дубовых клиньев.

§ 85. Многоярусные рамные быки.

При установке одна на другую двух, трех и т. д. рам, получаются двух'ярусные, трех'ярусные и т. д. быки. Число ярусов доходит до пяти (фиг. 589). В зависимости от давления, такие быки могут быть одиночные, двойные и тройные. По сравнению со свайными и решетчатыми опорами, многоярусные рамные быки обладают следующими преимуществами: 1) постройку можно вести очень быстро, так как одновременно можно изготовлять все рамы, поручив каждую из них отдельной партии рабочих; 2) установку рам можно выполнить без устройства подмостей; 3) каждая часть опоры может быть заменена новою, без разборки остальных частей, что очень важно при ремонте. На фиг. 589 показан одиночный пятиярусный бык высотою 152 фут. или 21,7 саж., составленный из 5-ти рам, соединенных между собою двойными насадками, между которыми проложены



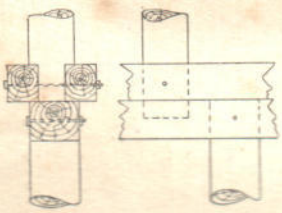
Фиг. 590.

Фиг. 589. Эстакада на ж. д. Esquimalt—Nanaimo.

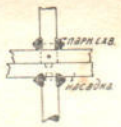
продольные схватки из брусьев 6×12 дм. Бык опирается на землю посредством 12 парных лежней. На фиг. 590 показана схема пятиярусной опоры, имеющей общую высоту в 38 мет.

Соединение рам между собою. Под действием ветра, направленного поперек моста, рамы опоры (фиг. 590) получают стремление сдвинуться одна по другой и опрокинуться, вращаясь около заднего ребра нижележащей рамы. Относительному сдвигу рам противодействует трение между рамами, а также скрепления, устроенные для их связи. Что касается опрокидывания, то оно не будет иметь места, если равнодействующая R давления ветра W и веса рамы Q будет проходить в пределах основания рассматриваемой рамы (фиг. 590). При соблюдении этого условия ширина основания рамы получается очень большою; чтобы избежать этого, рамы скрепляются между собою болтами, железными и деревянными накладками, работающими на растяжение под действием опрокидывающего момента. Заделки быка в фундамент можно избежать, если назначить ширину b основания быка так, чтобы равнодействующая общего веса опоры и общего давления ветра не выходила из пределов основания быка. Рассмотрим способы соединения рам между собою.

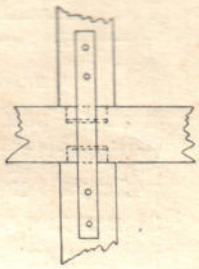
I способ. Соединение рам при помощи одиночной насадки. Обе соприкасающиеся рамы имеют общую насадку (фиг. 591 и 592), с которою стойки



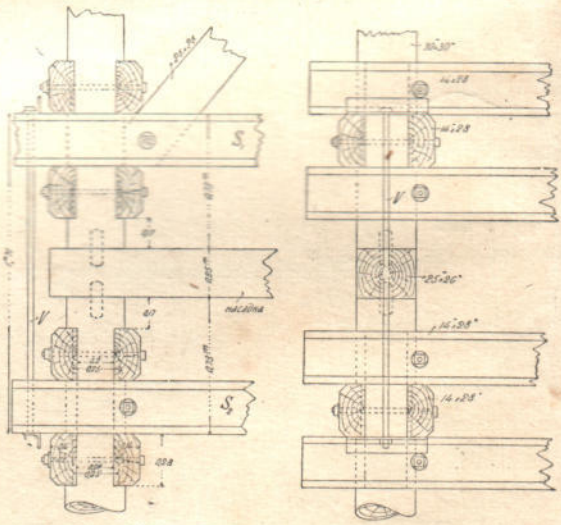
Фиг. 591.



Фиг. 592.



Фиг. 593.

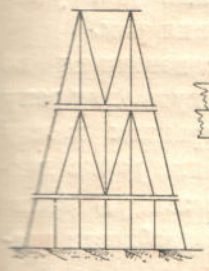


Фиг. 594. Подмости Виорского виадука.

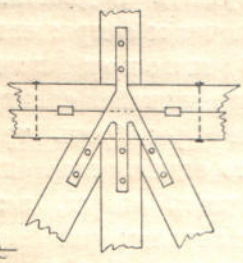
и укосины рам сопрягаются по фиг. 581 до 584. Во избежание бокового сдвига, концы стоек верхней рамы обжимаются парною схваткою (фиг. 591). Иногда для этой цели устраивают две и три парных схватки (фиг. 592 и 593). Если нужно закрепить раму, не только от скольжения, но и от опрокидывания, применяют вертикальные стяжные болты или вертикальные железные накладки из узкого полосового железа (фиг. 593), которые к стойкам и укосинам рам прикрепляются горизонтальными болтами. Пример применения вертикальных стяжных болтов показан на фиг. 594. Круглые стойки нижней рамы и брусчатые стойки верхней рамы сопряга-

ится с насадкою железными штырями, которые удерживают рамы от относительного сдвига. Концы стоек каждой рамы обжаты тремя парами схваток из толстых досок (28.14 см.). Чтобы предупредить опрокидывание верхней рамы, поперечные схватки S_1 и S_2 двух соединяемых рам стянуты вертикальными болтами V, пропущенными между досками этих схваток. Концы болтов удерживаются железными уголками, опирающимися на поперечные схватки. Недостаток соединения рам при помощи одиночной насадки заключается в том, что рядом с насадкою должны быть устраиваемы схватки, обжимающие концы рам; без таких схваток невозможна установка рам на место в собранном виде.

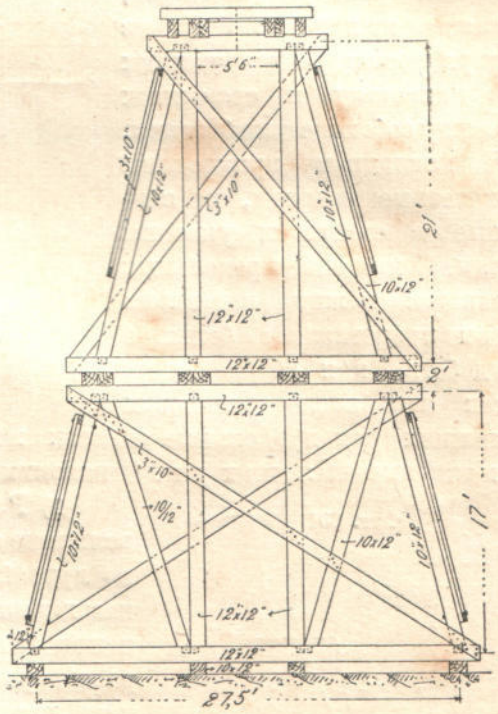
II способ. Соединение рам при помощи двойной насадки. Если каждая рама имеет самостоятельные насадки, то взаимное соединение рам отличается простотою и удобством, так как каждая рама представляет вполне законченную систему (фиг. 595). Нижняя насадка верхней рамы укладывается на верхнюю насадку нижележащей рамы и связывается с нею шпонками и болтами (фиг. 596); шпонки противодействуют сдвигу рам, а болты — опрокидыванию рам, воспринимая растягивающие усилия. Кроме



Фиг. 595.



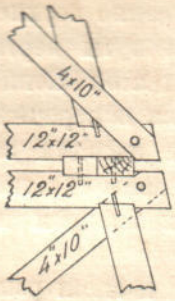
Фиг. 596.



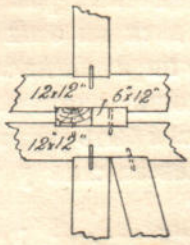
Фиг. 597.

болтов, применяются накладки из полосового железа, прикрепляемые болтами к стойкам и укосинам рам (фиг. 596). Если все опоры моста связываются между собою продольными схватками круглого или прямоугольного сечения, очень удобно пропускать их в зазор, оставляемый между насадками рам (фиг. 597). Чтобы не устраивать стыков этих схваток, концы схваток двух смежных пролетов укладываются рядом, согласно фиг. 598 и 599, и в насадки врубаются на глубину от 1 до $1^1/_2$ дм. Прикрепление схваток к насадкам рам делается с помощью железных штырей диаметром $^7/_8''$ до $1''$ (фиг. 599). Продольные схватки, врубленные в насадки, сопротивляются сдвигу рам; что же касается опрокидывания рам, то оно предупреждается болтами и железными накладками. На фиг. 600 показан пример соединения двух рам, между насадками которых уложены продольные схватки L из

брусьев 20.20 см. Опрокидывание рам предупреждается боковыми железными накладками, стянутыми рядом горизонтальных болтов. Для умень-

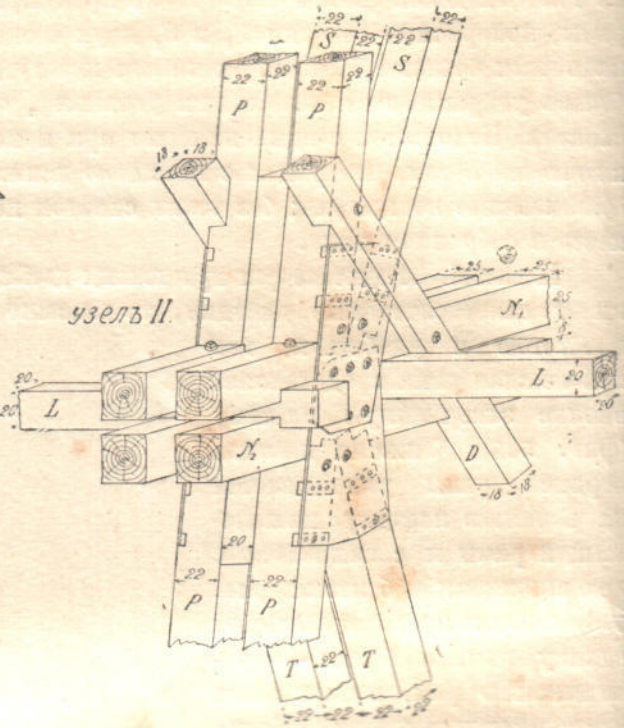


Фиг. 598.



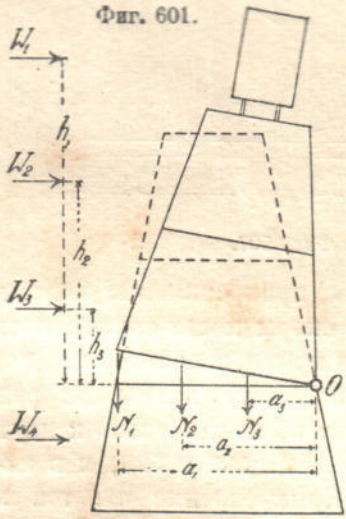
Фиг. 599.

шения размера накладок, каждая из них составлена из двух листов, расположенных в нахлестку и связанных между собою шестью болтами. К накладкам приклепаны железные шпонки, врезанные в стойки и укосины рам. Помещение продольных схваток между насадками рам представляет большие удобства при сборке опор, так как после установки нижних рам продольные схватки могут служить подмостями для установки вышележащих рам. Ознакомимся с расчетом сопряжения рам.



Фиг. 600.

Фиг. 601.



1) **Расчет шпонок** производится по величине силы, стремящейся сдвинуть одну раму по другой. Если пренебречь трением между насадками рам, то сдвигающая сила равна давлению ветра на часть опоры, лежащую выше рассматриваемого сопряжения. Подробности расчета шпонок находятся в § 21.

2) **Расчет железных накладок** производится по величине опрокидывающего момента, вызывающего в накладках растягивающие усилия. Рассмотрим опору из трех рам (фиг. 601) и расчитаем железные накладки, необходимые для прикрепления средней рамы к нижней. Обозначим через:

$N_1\ N_2\ N_3\ .\ .\ .\ N_n$ — неизвестные усилия, растягивающие накладки,

$a_1\ a_2\ a_3\ .\ .\ .\ a_n$ — расстояния накладок от точки вращения O,

M_0 — момент, стремящийся опрокинуть две верхние рамы относительно точки O.

Условие равновесия относительно точки O дает следующее уравнение:

$$M_0 = N_1 \,.\, a_1 + N_2 \,.\, a_2 + \ .\ .\ .\ N_n \,.\, a_n = \sum_1^n N \,.\, a\,.$$

Опрокидывающий момент $M_0 = W_1 \cdot h_1 + W_2 \cdot h_2 + W_3 \cdot h_3 = \Sigma \; W \cdot h$. Если предположить рамы вполне жесткими, то упругие удлинения железных накладок будуть пропорциональны расстояниям a до точки вращения O; а так как удлинения пропорциональны напряжениям $\sigma_1 \; \sigma_2 \; \sigma_3 \; . \; . \; . \; . \; \sigma_n$ накладок, то

$$\sigma_1 : \sigma_2 = a_1 : a_2 \text{ или } \sigma_2 = \sigma_1 \frac{a_2}{a_1}.$$

Таким-же образом получаем $\sigma_3 = \sigma_1 \cdot \frac{a_3}{a_1}$ $\quad \sigma_n = \sigma_1 \cdot \frac{a_n}{a_1}$.

Обозначаем через $\omega_1 \; \omega_2 \; . \; . \; . \; \omega_n$ площади поперечного сечения пары железных накладок, тогда усилия $N_1 \; N_2 \; N_3 \; . \; . \; N_n$, растягивающие накладки, можно выразить так:

$$N_1 = \sigma_1 \cdot \omega_1$$

$$N_2 = \sigma_2 \cdot \omega_2 = \sigma_1 \cdot \frac{a_2}{a_1} \cdot \omega_2$$

$$. \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

$$N_n = \sigma_n \cdot \omega_n = \sigma_1 \cdot \frac{a_n}{a_1} \cdot \omega_n .$$

Найденные значения для N подставляем в первое уравнение и получаем

$$M_0 = \sigma_1 \cdot \omega_1 \cdot a_1 + \sigma_1 \frac{a_2^{\,2}}{a_1} \cdot \omega_2 + \; . \; . + \sigma_1 \cdot \frac{a_n^{\,2}}{a_1} \cdot \omega_n .$$

Так как все накладки, обыкновенно, исполняются одинакового размера, то

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 \; . \; . \; . = \omega_n = \omega .$$

Следовательно $\quad M_0 = \frac{\sigma_1 \cdot \omega}{a_1} \left(a_1^{\,2} + a_2^{\,2} + a_3^{\,2} + \; . \; . \; . \; a_n^{\,2} \right) = \frac{\sigma_1 \cdot \omega}{a_1} \sum_1^n a^2$

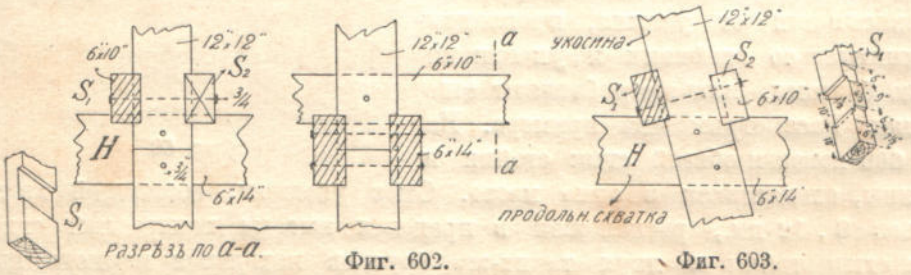
откуда искомое сечение каждой пары железных накладок

$$\omega = \frac{M_0 \cdot a_1}{\sigma_1 \cdot \sum_1^n a^2} = \frac{a_1 \cdot \Sigma W.h}{\sigma_1 \sum_1^n . a^2}$$

Напряжение σ_1 наиболее натянутых накладок крайнего узла можно принимать $= 700$ к./см.^{2} (допускаемое напряжение железа на разрыв).

Приведенный расчет сопряжения рам основан на предположении, что рамы вполне жесткие и не деформируются под давлением ветра. Такое предположение идет в запас прочности.

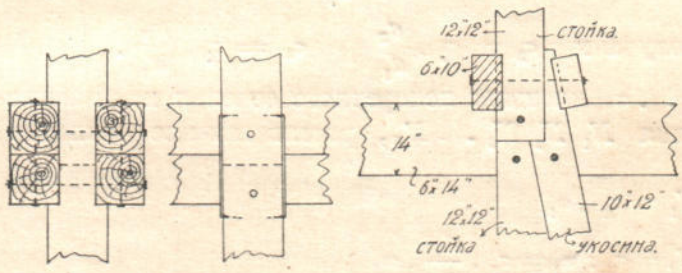
III способ. Соединение рам при помощи парных поперечных схваток. Стойки и укосины устанавливаются одна на другую в притык и стыки обжимаются



Фиг. 602. Фиг. 603.

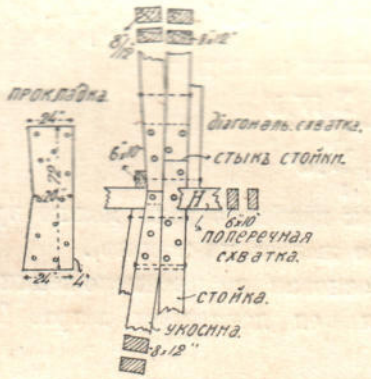
парными поперечными схватками H (фиг. 602 и 603). При сопряжении со

схватками, в стойках и укосинах врубок не делают, избегая их ослабления. Глубину врубок в схватках принимают до $1^1/_2''$. Обычно нижние концы стоек и укосин связываются еще одиночною наружною схваткою одноярусного типа, т. е. схватку S_1 пропускают в одном пролете, а схватку S_2—в соседнем пролете (фиг. 602). На фиг. 604 показан пример соединения рам с помощью двух'ярусной брусчатой поперечной схватки. Стойки соприкасаются между собою в притык и связаны железными скобами. Чтобы предохранить в'едание волокон, между торцами стоек следует помещать металлические прокладки. Если в узле сходятся две стойки и укосина, то сопряжение делается по фиг. 605, т. е. в конце укосины вырубают зуб, которым упирают ее в торец верхней стойки. Глубину зуба доводят до 4". Стык стоек и укосины обжимают парною схваткою, стягивая ее тремя горизонтальными болтами.

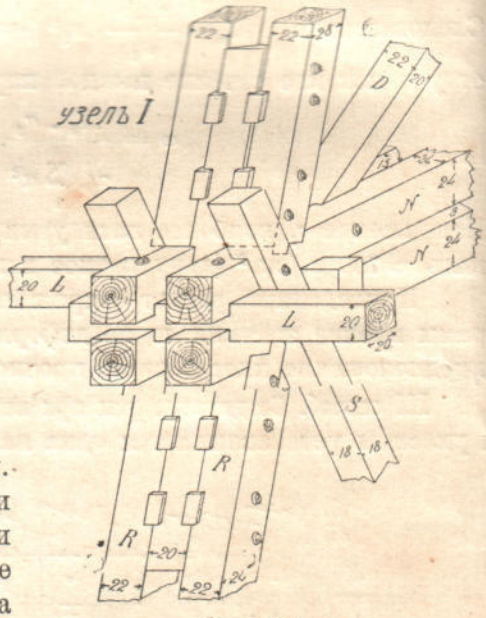


Фиг. 604. Фиг. 605.

IV способ. Соединение рам при помощи деревянных прокладок. Этот способ применяют в тех случаях, когда стойки и укосины составлены из парных брусьев, расположенных с зазором. Стойки или укосины верхней рамы устанавливаются на торцы стоек или укосин нижней рамы, и стык этих брусьев перекрывается деревянною прокладкою, которую помещают в



Фиг. 606.

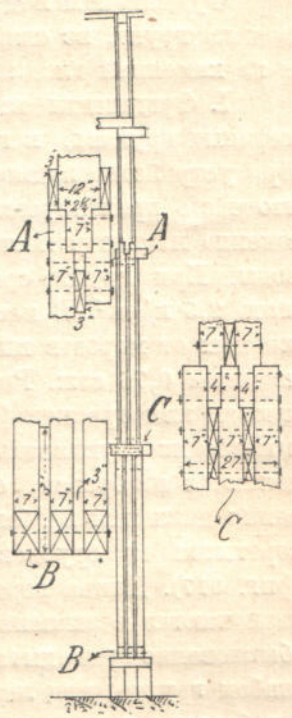


Фиг. 607.

зазоре между брусьями стоек или укосин. В зависимости от усилия, прокладки соединяются со стойками и укосинами только болтами, или же добавляют еще шпонки. Рассмотрим два примера. На фиг. 606 показан общий стык стойки и укосины, сходящихся в одно место. Стык укосины, состоящей из двух брусьев 8 . 12 дм., расположен в пределах высоты поперечной схватки H, а стык стойки из двух таких-же брусьев находится немного выше. Деревянная прокладка, перекрывающая указанные стыки, изображена

отдельно; ея длина 72″, а толщина 4″. К концам стоек прокладка прикреплена семью болтами, а к концам укосины—пятью ($d = {}^3/_4''$). Жесткость узла обеспечивается парною поперечною схваткою H из брусьев 6 . 10″, одиночною продольною схваткою и двумя диагональными схватками. На фиг. 607 показан другой пример. Хотя рамы имеют две насадки N, но их соединение не устроено по II способу, в виду значительных усилий, действующих в стойках и укосинах, и отдано предпочтение прокладкам, создающим более жесткое и солидное закрепление рам. Брусчатая прокладка из бруска 20 . 28 см. запущена в зазор укосины R и связана с нею шпонками и болтами. Рамы удерживаются от опрокидывания также диагональною парною схваткою S. Между насадками N рам уложены продольные схватки L, предупреждающие сдвиг рам поперек моста.

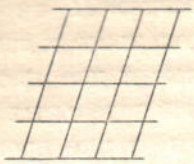
Соединение рам, имеющих пирамидальные стойки. Если число брусьев, образующих стойки, постепенно уменьшается, при переходе от нижних рам к верхним, то применяют такие же сопряжения, как в пирамидальных сваях. На фиг. 608 показана деталь стойки, состоящей из трех ярусов. В нижнем ярусе стойка состоит из трех брусьев 7 . 12″, во втором ярусе—из двух брусьев 7 . 12″ и в верхнем ярусе—из одного бруса 12 . 12″. В узле A стойка верхней рамы запущена в зазор между брусьями стойки средней рамы и стянута двумя болтами. В узле C оба бруса стойки средней рамы запущены в зазоры между тремя брусьями стойки нижней рамы. Жесткость каждого из узлов A и C обеспечивается тремя перекрещивающимися схватками: одною продольною и двумя поперечными.



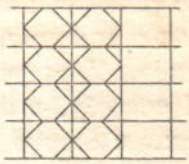
Фиг. 608.

Продольные связи между многоярусными рамными быками. Если быки в два или более ярусов имеют одиночную стенку, то для устойчивости вдоль моста необходимо связать такие быки между собою, по крайней мере, продольными схватками, располагая их в каждом ярусе (фиг. 609). В подкосных мостах затяжка естественным образом разделяет быки на два яруса и при высоте быков до 4 саж., не требуется особых связей между быками. При соединении быков только продольными схватками, возможен случай, что все быки примут параллельный наклон вдоль моста, причем прямоугольники, образуемые рамами и продольными схватками, обратятся в параллелограммы (фиг. 609). Во избежание этого, можно углы между рамами и схватками закрепить при помощи угловых подкосов (фиг. 610). Еще бо́льшая жесткость достигается, если соединить смежные быки диагональными схватками, располагая их так, чтобы одна схватка служила продолжением другой и вдоль моста получался непрерывный треугольный зигзаг (фиг. 611). Самая большая жесткость достигается при соединении смежных быков крестами из диагональных схваток, которые помещаются в плоскости коренных стоек; иногда такие кресты добавляются еще в плоскости укосин. Кресты можно располагать во всех

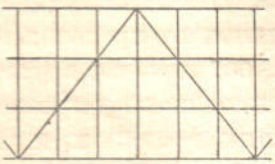
ярусах и во всех пролетах (фиг. 612), во всех ярусах, но через один пролет (фиг. 613), в каждом пролете, но через один ярус, т. е. в шах-



Фиг. 609.

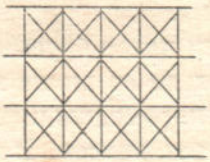


Фиг. 610.

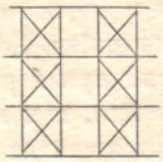


Фиг. 611.

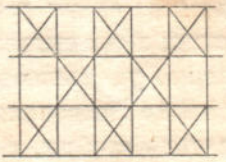
матном порядке (фиг. 614) и только в верхних ярусах, но во всех пролетах (фиг. 615).



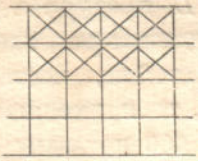
Фиг. 612.



Фиг. 613.



Фиг. 614.



Фиг. 615.

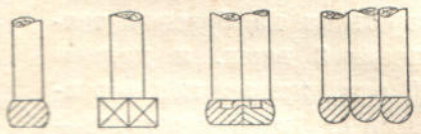
§ 86. Фундаменты рамных опор.

Фундаменты под рамными опорами устраиваются из лежней, уложенных на грунт, из свай, забитых в грунт, из ряжа, из каменной наброски и из каменной кладки, сухой или на растворе.

I. Фундаменты на лежнях применяются при плотных, щебенистых и мерзлых грунтах, когда забивка свай представляет большие затруднения. При устройстве подмостей и временных эстакад, взамен земляных насыпей, что часто практикуется в Америке, лежни можно укладывать непосредственно на поверхность земли, если по оврагу не бывает сильного протока воды. При грунте среднего качества, давление на него не должно превышать 2,5 к/см.². В местах с постоянным водотоком и в грунтах, подверженных от морозов выпучиванию, лежни необходимо зарывать на глубину не менее 0,75 саж. Ров, вырытый для укладки лежней, заполняют крупным камнем или гравием (фиг. 621). Для предохранения лежней от загнивания, полезно их обугливать. Лежни бывают одиночные, двойные и тройные и делаются из бревен, отесанных на один или на два канта. Для распределения давления на большую площадь грунта, под лежень подкладывают коротыши из брусьев или пластин, направленных нормально к лежню (фиг. 617). Длина коротышей = 0,5 до 1 саж. Число и длина коротышей назначаются в зависимости от допускаемого давления на грунт. Коротыши обыкновенно укладываются под стойками и укосинами рамы. При очень слабом грунте, под лежнями иногда располагают сплошной ряд коротышей с небольшими зазорами (фиг. 619).

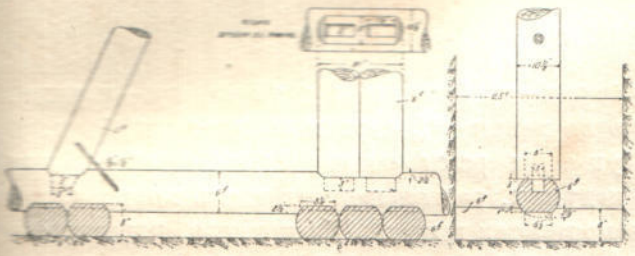
Способы сопряжения стоек и укосин рамы с лежнями. 1-й способ. Стойки и укосины рамы опираются непосредственно на лежень и сопрягаются с ним шипом (фиг. 616). Этот способ применим для одиночных, двойных и тройных лежней, при расположении стоек опоры в одном, двух или трех поперечных рядах. Если лежень имеет круглое

сечение, то его сопряжение со стойками и укосинами рамы делается по фиг. 617, т. е. в лежне вырубают гнездо глубиною в 2 до 3 дм. с тем, чтобы получить горизонтальную площадку. При боковом действии ветра передняя укосина получает растягивающие усилия, а потому ея конец следует связывать с лежнем при помощи болта, хомута или скобы (фиг. 617 и 618).

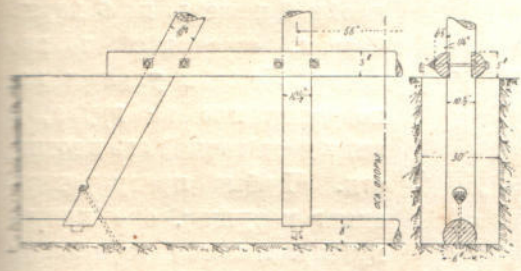


Фиг. 616.

Другие примеры одиночных рамных быков с одиночными лежнями на коротышах показаны на листе 46 атласа, а примеры двойных рамных быков с парными лежнями из пластин—на лис. 45 атласа. На фиг. 619 изображена американская эстакада, построенная на очень слабом грунте. Стойки и укосины быка опираются на одиночный брусчатый лежень (12 . 12 дм.), под который подложен сплошной ряд коротышей из 14 шпал прямоугольного сечения 6 . 8 дм., длиною 8 фут. Концы шпал связаны между собою двумя досками 10 . 3 дм., пришитыми к шпалам сверху. Эта эстакада была построена на илистом грунте, покрытом водою глубиною около 3 фут. В виду отсутствия течения, можно было не опасаться размыва. Ростверки, образованные лежнями и шпалами, изготовлялись на берегу; в плавучем состоянии их доставляли на место и, установив стойки и укосины, погружали на дно.

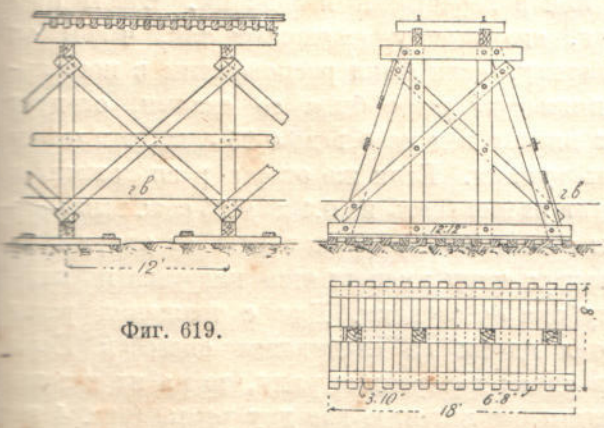


Фиг. 617.



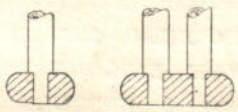
Фиг. 618.

2-й способ. Стойки и укосины опоры обжимаются брусьями или бревнами, образующими лежень рамы. Если рама имеет одиночные стойки и укосины, лежень парный; если стойки и укосины рамы парные с зазором, то лежень—тройной (фиг. 620). Пример рамы с таким лежнем показан на фиг. 621. Бык состоит из двух рам, расположенных с небольшим зазором. В состав каждой рамы входят: две парные коренные стойки, две наносные стойки и две укосины. Лежень состоит из трех брусьев прямо

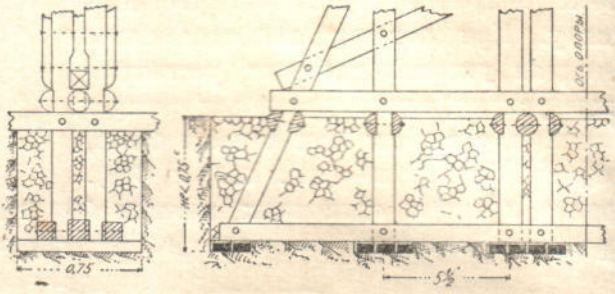


Фиг. 619.

угольного сечения, причем средний брус из 6 верш. леса, а боковые—из 5 вершкового. Со стойками и укосинами лежень сопряжен врубкою и болтами. Под лежень подложены коротыши из брусков толщиною 3 верш. и длиною $^3/_4$ саж., причем под коренными стойками коротыши—



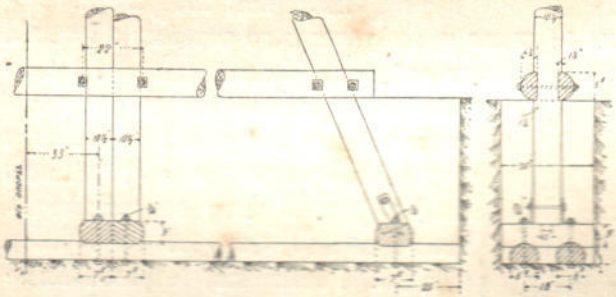
Фиг. 620.



Фиг. 621.

четверные, под откосными стойками—тройные, а под укосинами—парные. Лежни зарыты в ров глубиною не меньше $^3/_4$ саж. и засыпаны щебнем.

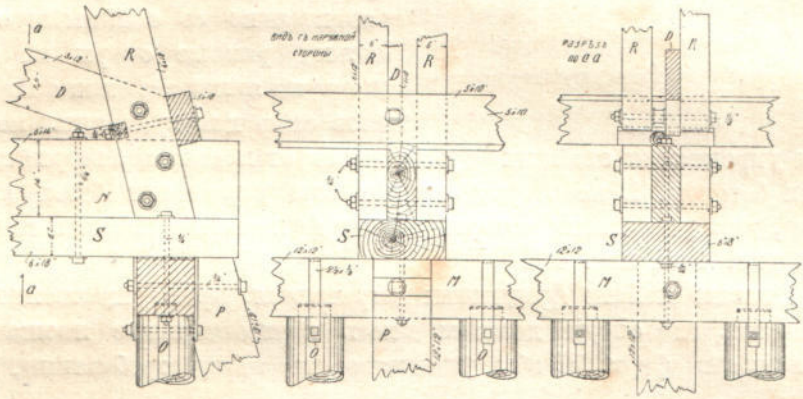
3-й способ. Стойки и укосины рамы опираются на двойной или тройной лежень при помощи подушек, расположенных вдоль моста. С подушками стойки и укосины сопрягаются шипом. Из примера, показанного на фиг. 622, видно, что стойка и укосина опираются на подушки длиною 36 дм. из круглых 7 верш. бревен, которые стесаны на два канта и опираются на двойной лежень из 6 верш. бревен, стесанных только снизу. Лежень уложен непосредственно на грунт, в виду достаточной его плотности. Чтобы предупредить сдвиг подушек, оне притянуты к лежням вертикальными болтами. Концы укосин скреплены с подушками железными угольниками, во избежание отрывания укосин под действием ветра.



Фиг. 622.

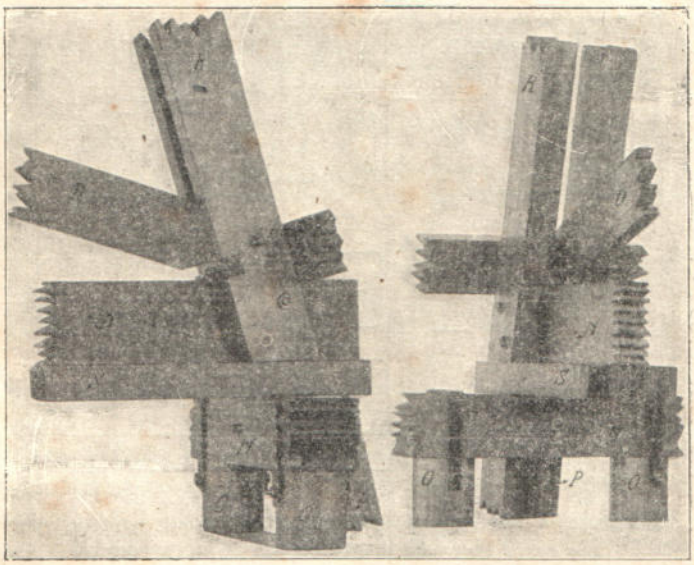
II. **Низкие свайные фундаменты** состоят из одного или нескольких рядов свай, перекрытых продольными или поперечными насадками. Чтобы предохранить фундамент от гниения, его высоту назначают так, чтобы он всегда находился под водою. Поэтому, если быки расположены в постоянных водотоках, насадку, соединяющую раму быка со сваями, следует располагать ниже уровня самых низких вод на 0,1 до 0,25 саж., так чтобы насадку можно было еще достать руками. Если же опоры расположены в сухих оврагах, то насадку следует располагать на 0,1 до 0,25 саж. выше поверхности земли. Высокие опоры с большою нагрузкою следует опирать на два или на три ряда свай, благодаря чему уменьшается нагрузка на каждую сваю, а следовательно и глубина ея забивки. Для сопряжения рамы со сваями чаще всего пользуются одним из следующих способов. Если сваи фундамента расположены в одном поперечном ряду, то на их головы нарубают насадку и на нее укладывают нижнюю насадку рамы (рис. 4 на лис. 46). Обе насадки стягиваются между собою вертикальными болтами;

полезно добавлять еще шпонки. Если сваи фундамента расположены в двух или больше поперечных рядах, то на головы свай нарубают ряд коротких насадок, направленных поперек рамы, и на них укладывают насадку рамы (рис. 5 на лис. 46). Для взаимного соединения насадок пользуются вертикальными болтами или железными планками (рис. 5), прикрепляя их болтами или небольшими скобами. Другой пример такой установки рамы показан на фиг. 623 и 624. Рама с парными стойками и



Фиг. 623.

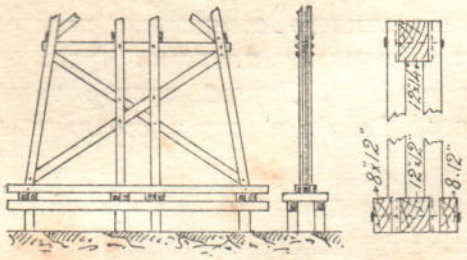
укосинами имеет основание из одиночной схватки N (6 . 14 дм.), пропущенной в зазоры стоек и укосин, и опирается на продольный лежень S (6 . 18 дм.), который уложен на коротких насадках M (12 . 12 дм.). Эти насадки нарублены на сваи прямоугольным шипом и стянуты с ними железными хомутами из полосового железа $2^1/_2 \cdot {}^3/_8$ дм. Чтобы закрепить раму к основанию, схватка и лежень стянуты вертикальными болтами диам. $^3/_4$ дм. Боковой сдвиг рамы предупреждается продольными схватками у стоек и укосин, а также лежнем, притянутым к насадкам болтами. Сваи фундамента полезно связывать между собою системою продольных и поперечных схваток.



Фиг. 624.

Насадки свай можно располагать также вдоль рам, нарубая их на все сваи одного и того же поперечного ряда; тогда опирание рамы на эти насадки производится посредством коротких подушек, которые размещаются

под стойками и укосинами рамы (фиг. 625). Достоинство такого сопряжения заключается в лучшей связи между сваями фундамента.

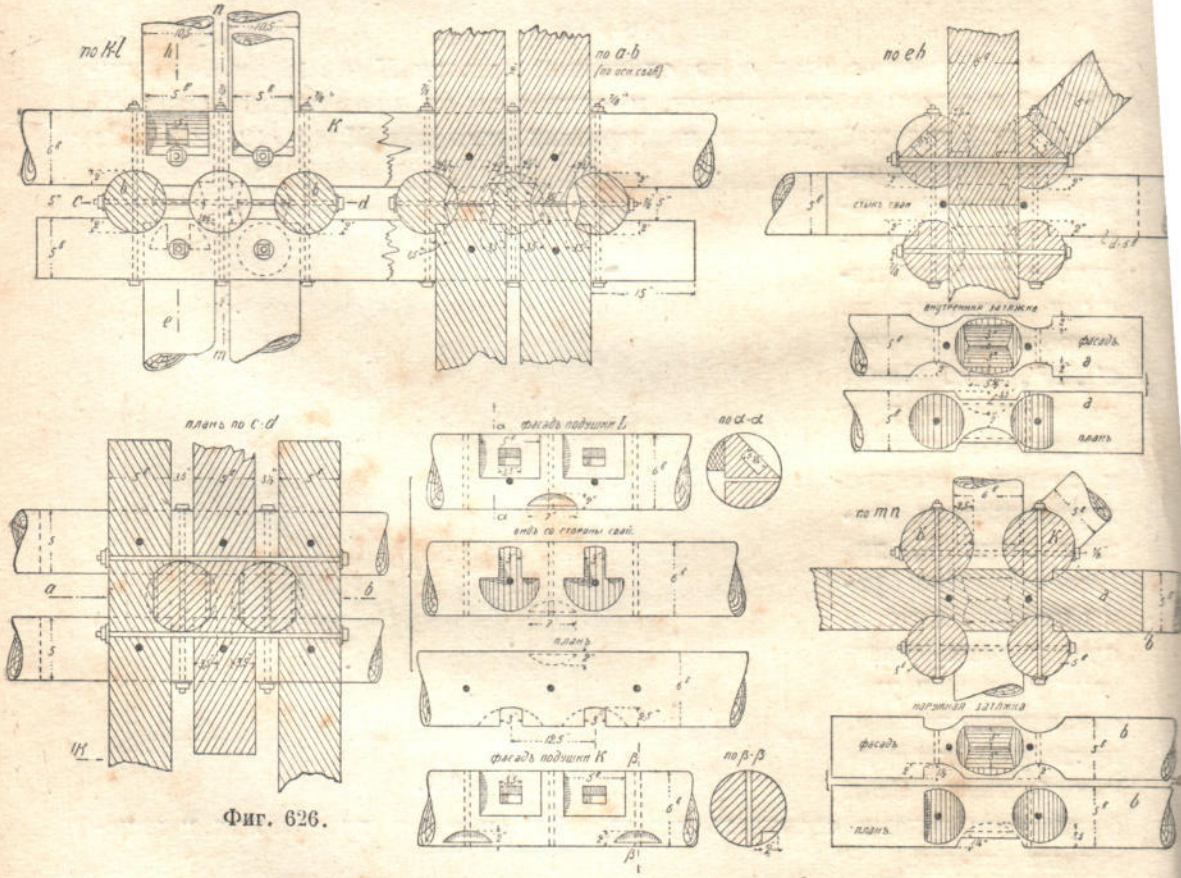


Фиг. 625.

Не уступая свайным опорам, рамные опоры на свайном основании удобны тем, что одновременно с бойкою свай можно заготовлять рамы и таким образом сократить срок постройки, сравнительно со свайными опорами. Поэтому рамные опоры на свайном основании являются одним из лучших типов опор для временных мостов.

Для укрепления свайных фундаментов от подмыва австрийцы заливали сваи бетоном. В некоторых случаях они укрепляли бетон каменною наброскою, для удержания которой вокруг фундамента забивались короткие сваи (см. рис. 4 на лис. 40).

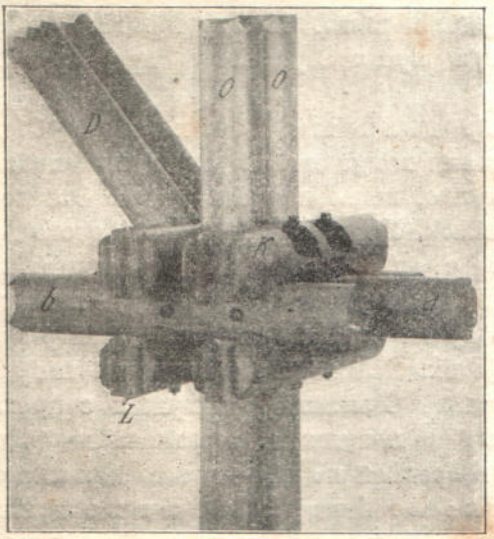
III. **Высокие свайные фундаменты** встречаются, преимущественно, в подкосных мостах, где опоры должны иметь горизонтальные площадки для упора подкосов ферм. Чтобы удовлетворить этому требованию, свайное



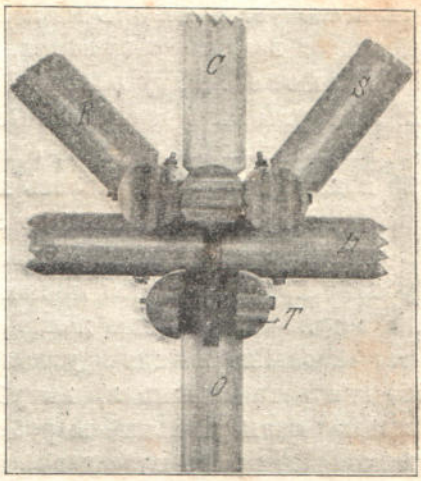
Фиг. 626.

основание быков доводится до пят подкосов. Рамные подкосные мосты на высоких свайных фундаментах широко применялись на Рязанско-Уральской железной дороге. Рассмотрим способы сопряжения рам с высокими свайными фундаментами.

I случай. Сопряжение рам в том случае, когда их стойки и укосины доведены только до свай фундамента. I способ. Стойки рам опираются непосредственно на торцы коренных свай фундамента (фиг. 238) и обжимаются перекрещивающимися продольными и поперечными схватками. В подкосных мостах продольная схватка, обыкновенно, является и подкосною затяжкою, а верхняя поперечная схватка—подушкою подкосов или подкосных рам. Чтобы закрепить раму от опрокидывания, верхнюю и нижнюю поперечные схватки стягивают вертикальными болтами. Рассмотрим деталь такого сопряжения (фиг. 626 и 627). Одноярусная затяжка в левом пролете

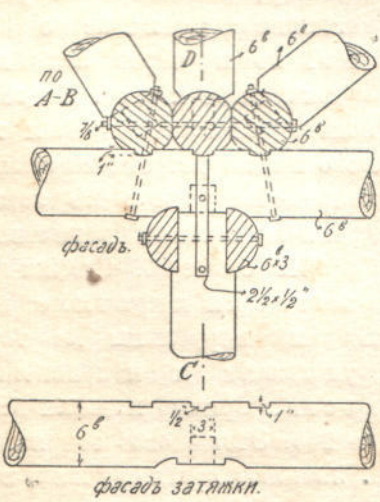


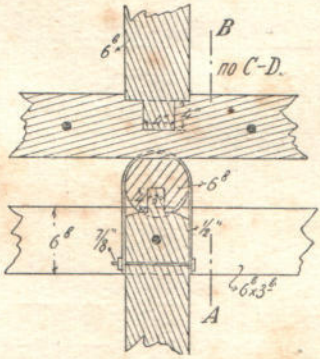
Фиг. 627.



Фиг. 628.

состоит из одного внутреннего бревна, а в правом пролете—из двух наружных бревен. Стык стойки со сваей расположен на уровне оси затяжки и обжат тремя бревнами затяжки. Выше затяжки сваи обжаты подкосными



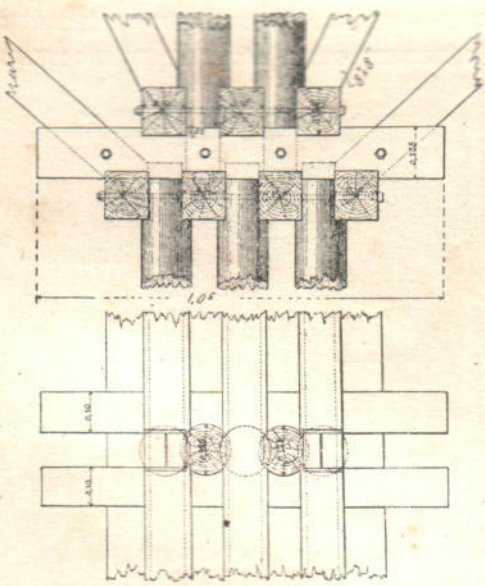


Фиг. 629.

подушками, а ниже затяжки—поперечною парною схваткою. Все эти части стянуты между собою горизонтальными и вертикальными болтами, так что жесткость стыка обеспечена во всех направлениях. Закрепление концов

затяжки достигнуто при помощи круглого зуба, вырубленного, как в подушках, так и в поперечной схватке. Подкосные подушки врублены в сваи круглым зубом с шипом в свае. Такое сопряжение отличается удобством сборки, так как позволяет вращать подушку относительно горизонтальной оси. При проектировании врубок нижней поперечной схватки, надо быть осторожным, ибо схватка должна быть врублена таким образом, чтобы она не препятствовала раздвиганию свай при сборке средней затяжки. С этою целью, поперечная схватка сопрягается с одною из свай круглым зубом с шипом, а с другою сваею—просто в обло, выбранное в свае. Таким образом, при раздвигании свай, схватка не будет мешать. Между торцами стойки и сваи следует помещать металлическую прокладку, чтобы предохранить волокна от взаимного в'едания.

II способ. Раму опирают на продольные насадки, нарубленные на торцы свай и скрепленные с ними хомутами. В подкосных мостах продольная насадка служит, одновременно, подкосною затяжкою. Эта простая конструкция применялась на Рязанско-Уральской железной дороге для временных мостов пролетом до 2 саж. с одноподкосными фермами (фиг. 628 и 629). Одиночная коренная свая доходит только до затяжки, в которую врублена прямоугольным шипом. Сверху на затяжку опираются три рамы: одна вертикальная и две наклонных (подкосные рамы). Каждая из этих рам имеет основание в виде круглой подушки. С затяжкою подушки сопрягаются квадратным шипом, вырубленным в подушках; в затяжке выбраны сквозные прямоугольные вырубки, и в средней из них—гнездо для железного хомута, прикрепляющего затяжку к свае. Между собою все три подушки стянуты двумя горизонтальными болтами. Подкосные подушки стянуты с затяжкою наклонно пропущенными болтами. Снизу затяжки имеется парная схватка из пластин 6.3 верш. Верхним краем эти пластины врезаны в затяжку, благодаря чему распор затяжки передается свае не только через шип, но и через заднюю схватку, прижимая ее к свае. Недостатки этой конструкции заключаются в том, что невозможно устройство стыка затяжки в пределах узла и что затяжка прикреплена к сваям сравнительно слабо.



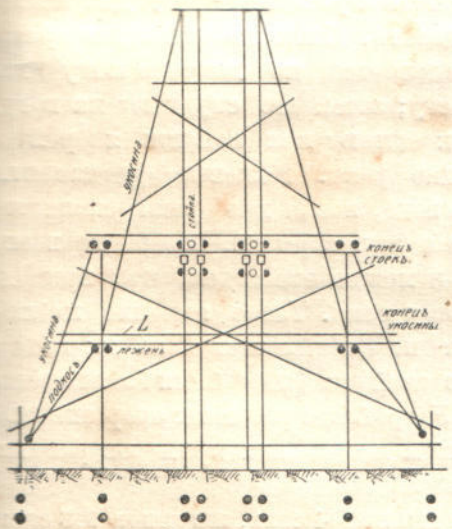
Фиг. 630.

III способ. Стойки рам опираются на короткие насадки, которые нарублены на торцы свай фундамента и направлены вдоль моста. Пример показан на фиг. 198 до 200. Этот способ сопряжения рамы применяют в тех случаях, когда число бревен в стойках рамы меньше числа бревен в сваях фундамента. Главный его недостаток состоит в слабой боковой жесткости, в виду чего приходится применять отдельные затяжки, для связи верхних концов свайных фунда-

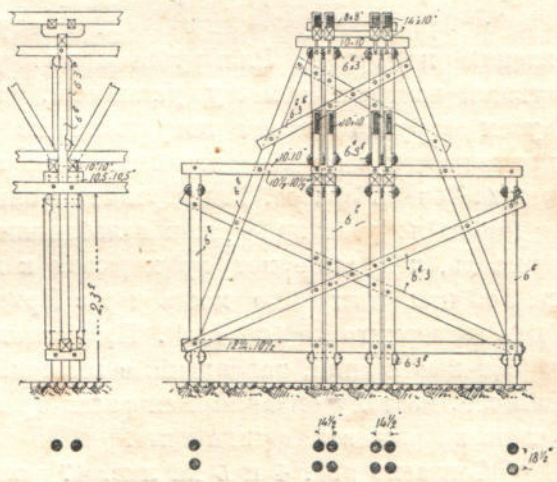
ментов. Зато, в отношении удобства и быстроты сборки, этот способ имеет большие преимущества. Дело в том, что верхняя часть опоры (см. фиг. 198) совершенно не зависит от фундамента, а потому может быть заготовлена в стороне и установлена на место в собранном виде. От опрокидывания, рамы удерживаются собственным весом пролетного строения и подкосных ферм. На Рязанско-Уральской железной дороге такой способ сопряжения рам применялся в мостах самых больших пролетов (до 6 саж.) (см. фиг. 240).

IV способ. Стойки рам опираются на схватки, которые обжимают верх коренных свай. Пример такого сопряжения показан на фиг. 630. Верх тройной коренной сваи обжат четверною поперечною схваткою, на средние брусья которой опирается парная стойка, сопрягаясь с ними прямоугольным шипом. Жесткость сопряжения достигается устройством парной продольной и тройной поперечной схваток, стянутых горизонтальными болтами.

II случай. Сопряжение рам в том случае, когда их стойки доведены до верху свай, а укосины пропущены ниже и опираются в горизонтальный лежень L, зажатый между сваями, как схематически показано на фиг. 631. Подробный чертеж быка, соответствующий приведенной схеме, показан на фиг. 239. Стойки рамы сопрягаются с коренными сваями при помощи коротких продольных насадок, в виду чего смежные быки связаны между



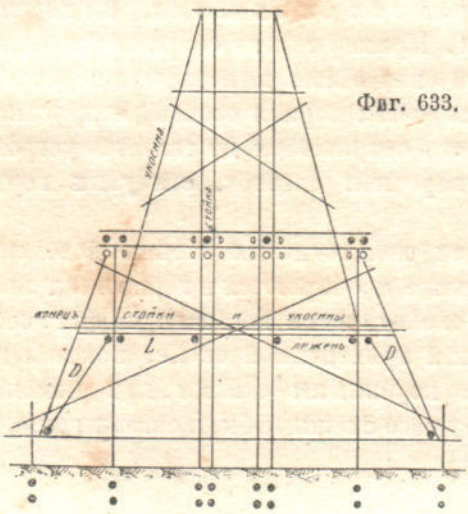
Фиг. 631.



Фиг. 632.

собою двумя затяжками. Укосины упираются в горизонтальный лежень L сечением $12^1/_4 . 10^1/_2$ дм., зажатый между всеми сваями и укосинами фундамента. Снизу, лежень поддерживается четырьмя продольными схватками из 5 верш. бревен, две из которых усилены подкосами. На фиг. 632 показан пример быка, основание которого имеет вид прямоугольника; укосины рамы пропущены до низу основания и упираются в лежень брусчатого сечения ($12^1/_4 . 10^1/_2$ дм.), поддерживаемый рядом продольных схваток из пластин 6 . 3 верш. Этот лежень, одновременно, служит поперечною схваткою для свай фундамента. Продолжение укосин ниже верха фундамента способствует боковой устойчивости рамы, а потому такое сопряжение надо признать лучше предыдущих.

III случай. Сопряжение рам в том случае, когда стойки и укосины рам пропущены ниже верха свай и опираются в горизонтальный лежень L, зажатый между сваями фундамента, как схематически показано на фиг. 633. Такой способ сопряжения, сравнительно с предыдущими, имеет то преимущество, что можно не устраивать отдельной опорной затяжки, в виду того, что боковая жесткость обеспечена в достаточной мере. Детальные чертежи такого сопряжения стоек с коренными сваями показаны на фиг. 184, 185, 195 и 196, из которых усматривается, что нижний конец стоек запущен в зазор между сваями на длину не меньше 1 саж. и сопряжен с ними при помощи шпонок и болтов. С горизонтальным лежнем стойки сопряжены прямоугольным шипом. Снизу лежень поддерживается продольными схватками, крайние из которых усилены подкосами D.

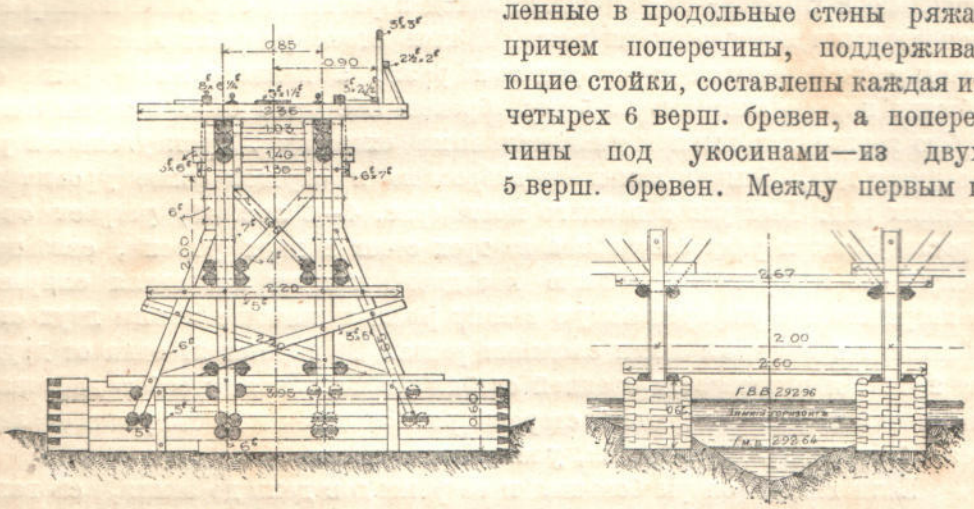


Фиг. 633.

IV. Ряжевые фундаменты. Ряж представляет бревенчатый сруб с дном из бревен. В случае установки ряжа на очень прочный грунт, дна можно не делать. Площадь основания ряжа определяется по допускаемому давлению на грунт. Ряж рубится на берегу; затем его спускают на воду, отводят канатами к месту установки, закрепляют при помощи якорей и путем загрузки камнем погружают на дно реки. Ряжевые фундаменты применяются в случае устройства опор в воде, когда дно реки скалистое или же очень слабое. Ряжи уместны еще в тех случаях, когда горизонт ледяного покрова подвержен колебаниям и можно опасаться, что приподнимаясь, лед выдернет примерзшие к нему сваи. Такое явление наблюдалось при постройке моста через Иркут на Забайкальской ж. д.; льдом было выдернуто до 100 свай. После этого свайные быки были заключены в ряжевые ящики, заполненные камнем. Устройство ряжевых опор описано дальше, поэтому ограничимся рассмотрением нескольких примеров рамных быков на ряжевом фундаменте.

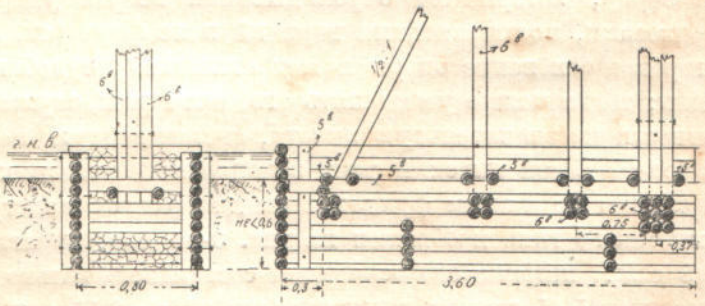
Согласно рис. 4 и 5 на лис. 47 ряж длиною 4 саж., шириною 0,8 саж. и высотою 0,6 саж. имеет основание в виде узкого продолговатого прямоугольника площадью в 3,2 кв. саж. Стены ряжа из 6 вер. бревен срублены в присек. Дно ряжа из 23 коротких 6 вер. бревен приподнято на два венца. Четыре коренные стойки одиночной рамы установлены на четырех поперечных бревнах, врубленных в продольные стенки ряжа, а укосины упираются непосредственно в бревна дна. Концы стоек и укосин обжаты парною поперечною схваткою. Другой пример изображен на рис. 5 лис. 40. Исходя из наибольшего давления быка и допускаемого давления на грунт в $^1/_2$ к/см.^{2}, площадь основания ряжа определена в 4,5 саж.^{2}, вследствие чего длина ряжа назначена в 3 саж., а его ширина в 1,5 саж. Высота ряжа принята 0,6 саж., так чтобы он немного возвышался над

горизонтом высоких вод. Стены ряжа срублены из 6 верш. бревен врубкою в присек без остатка. Дно ряжа приподнято на два венца, вследствие чего у основания образуется род деревянного ножа, врезывающегося в грунт, отчего увеличивается устойчивость ряжа. Рама одиночного быка, собранная на берегу, установлена на ряже так, чтобы нижняя насадка рамы опиралась в восьми местах по длине ряжа, а именно на четыре перегородки ряжа и на четыре бревна, уложенных на продольных стенках ряжа. На фиг. 634 изображен одиночный бык 2 саж. подкосного моста, установленный на ряже длиною 3,95 саж., шириною и высотою по 0,6 саж. Ряж имеет в плане прямоугольную форму с заостренным верховым концом и срублен из 5 верш. бревен, сопряженных между собою в косую лапу. Дна в ряже не устроено, а стойки и укосины быка опираются на поперечины, врубленные в продольные стены ряжа, причем поперечины, поддерживающие стойки, составлены каждая из четырех 6 верш. бревен, а поперечины под укосинами—из двух 5 верш. бревен. Между первым и



Фиг. 634. Тип Круго-Забайкальской жел. дор.

вторым венцом сверху, в боковые стены ряжа врублены две парные продольные схватки, обжимающие стойки и две одиночные схватки, удерживающие укосины. На все эти схватки положена парная поперечная схватка, обжимающая, как стойки, так и укосины быка. На верхнем венце уложены две парные продольные схватки, которые обжимают стойки и



Фиг. 635. Тип Забайкальской жел. дор.

соединяют два смежных быка. На фиг. 635 показан ряжевой фундамент одиночного быка подкосного моста с пролетами по 3 саж. Ряж длиною 7,2 саж., шириною 0,8 саж. и высотою 1,05 саж. имеет в плане прямоугольную форму. Продольные стены обжаты вертикальными сжимами из 5 верш. бревен и соединены между собою внизу 4-мя перегородками высотою в 3 до 4 венца. Ряж не имеет дна. Стойки и укосины быка

опираются на поперечины, которые врублены в продольные стены, причем под каждою коренною стойкою имеется поперечина из девяти 6 верш. бревен, а под каждою откосною стойкою и укосиною—из четырех 6 верш. бревен. Концы стоек и укосин обжаты общею парною поперечною схваткою из 5 верш. бревен, а сверху каждая стойка и укосина обжата парною продольною схваткою, врубленною в продольные стены ряжа. Ряж заполнен камнем и находится под водою.

На лис. 48 атласа мы видим два примера двойных рамных быков на ряжевом фундаменте. Бык ширококолейного моста, изображенный на рис. 1—3, состоит из двух рам, отстоящих одна от другой на 1 саж. Шесть коренных стоек, а также откосные стойки каждой рамы, установлены на бревне, которое уложено вдоль длинной стенки ряжа, своими концами врублено в короткие стенки ряжа, а под коренными стойками подпирается поперечными перегородками ряжа. Концы стоек удерживаются на месте шестью поперечными перегородками ряжа, а немного выше ряжа они обжаты парною схваткою из 5 вер. бревен. Обе рамы быка связаны между собою горизонтальными и диагональными схватками. Прямоугольный ряж не имеет дна, обсыпан каменною наброскою и опущен ниже уровня меженних вод. Бык узкоколейного моста (рис. 4—6 лис. 48) устроен очень просто. Каждая рама составлена из трех стоек и двух укосин, связанных между собою верхнею и нижнею насадкою, причем последняя опирается непосредственно на продольную стенку ряжа и нижние концы двух стоек обжимаются вертикальными сжимами ряжа. Рамы отстоят одна от другой на 2 саж. и в плоскости средней стойки связаны между собою диагональными схватками. С верховой стороны ряж заострен и поддерживает ледорезный нож из 7 вер. бревна, усиленного рельсом.

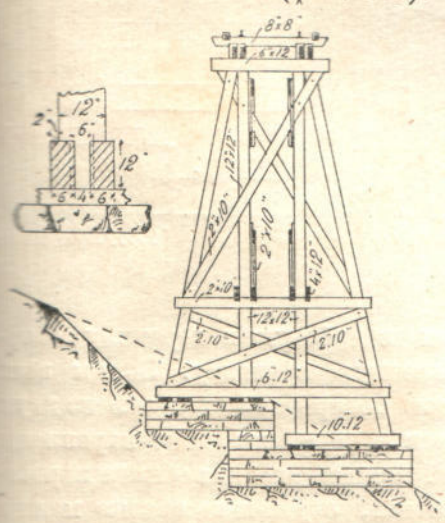
Если высота опоры большая и ее рамы доведены до земли, основанию опоры необходимо давать большую ширину, чтобы обеспечить опору от опрокидывания под действием ветра. Ширина основания получается особенно большою, если пролеты моста перекрыты фермами Лембке с ездою по верху, которые от опрокидывания ветром удерживаются наружными подкосами, подпирающими верхний пояс ферм (см. лис. 22 атласа). Столь широкое основание опоры может оказаться неудобным по местным условиям; тогда можно уменьшить его, если ряж, служащий фундаментом рам, вывести на значительную высоту, составляющую половину высоты опоры и более. Такой высокий ряж, заполненный мелким камнем, очень устойчив и служит надежным фундаментом для рамной надстройки. Рамно-ряжевой бык такого типа изображен на рис. 3—5 лис. 49 атласа. При высоте быка в 8 саж., ширина его основания составляет только 5,3 саж. Ряж имеет высоту в 5,45 саж., а рамная надстройка—2,55 саж. В плане ряжу придана форма продолговатого шестиугольника. Рамная надстройка состоит из 6 рам, расположенных парами. Коренные стойки и укосины рам установлены на перегородках ряжа, врубленных в его продольные стены.

Если срок, данный для постройки опоры, настолько мал, что нельзя успеть срубить ряж, фундамент рамного быка можно устроить в виде клетки из шпал. В отношении прочности и размера осадки, такой фундамент значительно уступает ряжевому и следует применять его только для мостов краткосрочного типа.

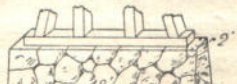
V. Фундамент в виде каменной отсыпи. В случае постройки рамной опоры в воде или на слабом грунте, ее фундаментом может служить каменная отсыпь, если на месте работ имеется достаточное количество камня от взорванных каменных опор. Примеры рамного быка и устоя на каменной отсыпи показаны на лис. 50 атласа. Устой будет описан в § 88. Бык (рис. 3 и 4) представляет одиночную раму из четырех коренных стоек и двух укосин, связанных между собою горизонтальными и диагональными схватками. Нижний лежень рамы уложен на каменной отсыпи с одиночными откосами. Верхняя площадка отсыпи шириною 0,6 саж. поднята немного выше горизонта меженних вод.

VI. Фундамент из сухой каменной кладки. Если на месте работ имеется достаточное количество камня, например от взорванных каменных опор, фундамент рамной опоры можно устроить из каменной кладки, сложенной без раствора, лучше всего с наклонными гранями. В примере, показанном на лис. 51, сухая каменная кладка устоев примыкает непосредственно к уцелевшей после взрыва части каменных устоев и выведена на высоту 2,8 саж. над землею с уклоном лицевой грани в 1 : 3. Верх кладки покрыт сплошным настилом из бревен, на котором уложены нижние насадки трех рам.

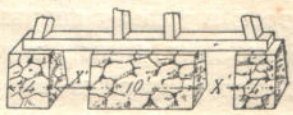
VII. Фундамент из каменной кладки на растворе. Такие фундаменты применяются при наличности плотного грунта, залегающего на небольшой глубине и являются наиболее солидными фундаментами. Они значительно увеличивают срок службы деревянных опор, так как, приподнимая все деревянные части выше уровня воды и земли, мы предохраняем их от быстрого загнивания. Каменные фундаменты бывают сплошные, устраиваемые по всему основанию быка (фиг. 637), или же устраиваются отдельные каменные столбы (фиг. 638). Сплошные фундаменты уместны при малой высоте быка, когда его основание небольшое; при высоте быка более 2 саж. выгоднее устраивать отдельные столбы. Подошву фундамента располагают ниже уровня промерзания и не меньше 0,67 саж. от поверхности земли. При каменистом грунте, выравнивают подошву горизонтальными уступами (фиг. 641). При значительном уклоне оврага по направлению поперек моста, придают



Фиг. 636.



Фиг. 637.



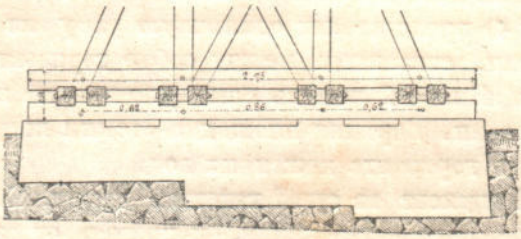
Фиг. 638.

всему фундаменту ступенчатый вид (фиг. 636). Верхнюю площадку фундамента всегда снабжают сливами для стока воды. При установке рамы на каменном фундаменте, следует всегда следить за тем, чтобы деревянные лежни или схватки рамы не соприкасались с фундаментом на всем их

протяжении, и чтобы под ними оставались зазоры для вентиляции и стока воды. Нижнюю насадку рамы можно укладывать непосредственно на каменный фундамент (фиг. 639), или же на ряд коротких поперечин (фиг. 640), заделанных в кладку в местах расположения стоек и укосин рамы. В случае укладки непосредственно на камен-

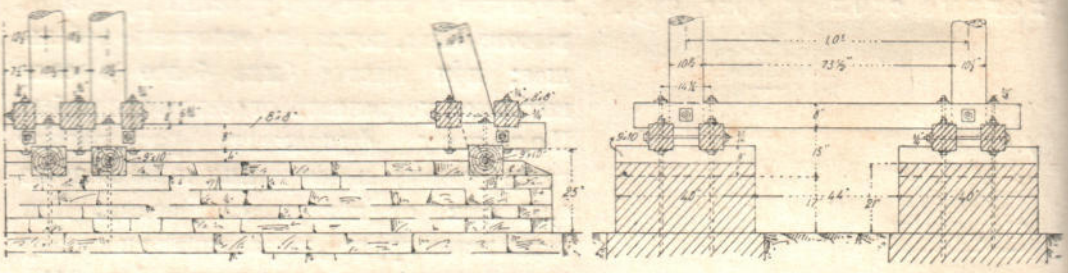
Фиг. 639.

Фиг. 640.



Фиг. 641.

ный фундамент, поверхность кладки надо снабжать несколькими выступами, а в промежутках между ними устраивать сливы для стока воды (фиг. 639 и 641). Пример непосредственной укладки парной насадки изображен на фиг. 641. В парную насадку врублены шипом парные (по фасаду моста) стойки; концы стоек обжаты двумя парными схватками, сперва—короткою продольною, а затем—длинною поперечною. Насадку прикрепляют к фундаменту анкерными болтами, заделанными в кладку. Иногда насадки не устраивают и сопрягают рамы с фундаментом при помощи нескольких поперечин и схваток. Поясним такую конструкцию на примере фундамента двойного быка (фиг. 642), состоящего из двух рам, расположенных на взаимном расстоянии в 1 саж. Каждая рама опирается на отдельный фундамент, в виде каменной стенки толщиною 40 дм., заложенной на глубину в 1 саж. Каждая рама быка состоит из двух пар коренных стоек и двух



Фиг. 642.

укосин. Стойки и укосины врублены шипом в дубовую поперечину сечением 9 . $10^1/_2$ дм. и длиною 40 дм., втопленную в кладку. Концы всех стоек и укосин сперва обжаты общею парною поперечною схваткою из двух брусьев 8 . 8 дм., которые врублены также в поперечины и прикреплены к кладке шестью анкерными болтами; затем, каждая укосина обжата парною продольною схваткою из двух брусьев 8 . 8 дм., служащею связью между обеими стенками быка, а каждая пара коренных стоек обжата тройною схваткою из среднего бруса $10^1/_2$. 8 дм. и двух боковых брусьев по $6^1/_2$. 8 дм.

В тех случаях, когда уцелели фундаменты взорванных каменных опор, можно воспользоваться этими каменными фундаментами для установки на

ших рам. Уцелевший фундамент надо расчистить, удалить все треснувшие части кладки и ее поверхность выровнять слоем свежей кладки. Кроме того в кладку надо заделать железные штыри для закрепления основания деревянных рам. На рис. 1—3 лис. 52 атласа изображен пример восстановления моста с устройством двух рамных быков на уцелевшем каменном фундаменте взорванных опор. В этом случае на каменном фундаменте поместились только коренные стойки рамных быков, а для упора обеих пар увосин пришлось забить две пары откосных свай; таким образом длина основания быка получилась = 6,3 саж., между тем как длина основания взорванных быков составляет только 2,5 саж.

Не прибегая к столь значительному уширению основания рамной опоры, необходимую боковую устойчивость высоких опор можно достигнуть, если на уцелевшем каменном фундаменте взорванных опор установить высокий ряж, заполненный мелким камнем и на нем установить рамы. Благодаря большому весу ряжа такая рамно-ряжевая опора обладает достаточною боковою устойчивостью. Два примера рамно-ряжевых быков изображены на рис. 5 и 6 лис. 52 и на рис. 1 и 2 лис. 49. В первом случае высота ряжа = 1,9 саж., а рамной надстройки — 2,3 саж.; во втором случае высота ряжа = 3,58 саж., а рамной надстройки — 2,3 саж. Ряжи, срубленные из 5 или 6 верш. бревен, имеют сплошное днище из припасованных одно к другому 5—6 верш. бревен, которые скреплены в поперечном направлении бревнами, врубленными в полдерева. Ряжи загружаются до верху мелким камнем. Для установки рам, в верхней части ряжей устроено 6 внутренних перегородок из 5 и 7 рядов бревен. На ряжах установлены 4 рамы, расположенные попарно.

VIII. Фундаменты опор в грунтах, подверженных пучению. В большинстве случаев пучение грунта вызывается тем, что при замерзании увеличивается об'ем сырого грунта. Пучению особенно подвержены глинистые грунты. Но иногда пучение верхнего слоя земли происходит от того, что водоносный слой грунта, залегающий под слоем растительной земли на глубине, меньшей глубины зимнего промерзания, и расположенный на слое водонепроницаемом, постепенно замерзает, причем, вследствие стеснения живого сечения водоносного слоя, образуется напор воды, под влиянием которого замерзший уже слой грунта, лежащий выше водоносного, выпучивается в тех местах, где он тоньше.

При устройстве основания в пучащихся грунтах, безусловно необходимо соблюдать условие, чтобы подошва основания свай, лежней, ряжей или каменного фундамента находилась ниже того слоя, в котором происходит пучение, т. е. подошва основания должна быть заложена ниже глубины промерзания. Кроме того, необходимо принимать меры, чтобы слой пучащегося грунта не примерзал к фундаменту опоры, особенно к сваям, так как неоднократно наблюдалось, что, при пучении грунта, сваи выпирались вверх. Эти меры заключаются в том, что вокруг фундамента производят выемку пучащегося грунта на глубину промерзания и заменяют его камнем или щебнем. Толщина этого слоя должна быть от 2 до 3 арш., так как каменная засыпка, благодаря присутствию в ней воды, смерзается с фундаментом опоры и с пучащимся грунтом и, при недостаточной тол-

щине слоя, усилия, вызываемые пучением, могут передаваться фундаменту. Сваи следует забивать возможно глубже, так чтобы трение той части сваи, которая находится ниже уровня промерзания, было больше силы, стремящейся выпереть сваю вверх. На Средне-Сибирской жел. дор. наблюдалось выпирание даже таких свай, которые были забиты на глубину 3 саж.; происходившая от этого деформация мостов, как в плане, так и в вертикальной плоскости, доходила до $6^1/_2$ см.

§ 87. Рамные эстакады.

Рамными эстакадами называются многопролетные мосты, состоящие из простых балочных прогонов небольшого пролета, уложенных на быках рамного типа. В виду отсутствия свайных работ, постройка рамных эстакад производится очень быстро, так как можно широко развернуть фронт работ по заготовке рам. Срок постройки эстакады можно сократить еще больше, если заготовлять рамы на базах, оборудованных необходимыми приспособлениями, и готовые рамы доставлять к месту работ на железнодорожных платформах. В военное время, при возобновлении мостов, разрушенных неприятелем, такой быстрый способ производства работ особенно уместен; в этом случае рамы, заготовленные заблаговременно, следуют вместе с ремонтным поездом, командированным для восстановления моста. В Америке, для проведения железных дорог через широкие и глубокие долины или через озера, построено много рамных эстакад взамен насыпей, которые стоят дорого и требуют много времени для их исполнения. В материальном отношении эта мера очень выгодна, так как она понижает строительную стоимость дороги и сокращает срок ея постройки. Через несколько лет по открытии новой дороги, когда она начинает приносить доход, деревянные эстакады заменяются насыпями, т. е. эстакады просто засыпаются. Длина американских эстакад доходит до 32,5 верст, а высота до 22 саж. Смотря по высоте насыпи, эстакады состоят из одного, двух и более ярусов.

Одноярусные рамные эстакады. Простейший тип одноярусной эстакады, применяемый при высоте насыпи до 2 саж., изображен на рис. 1 лис. 55. Рамы, служащие опорами, имеют высоту 1,75 саж. и состоят из двух коренных стоек и двух укосин, связанных между собою поверху и понизу насадками и крестом из диагональных полусхваток. Рамы остоят одна от другой на 1,5 саж. и попарно связаны между собою крестами из пластин, приболченных к укосинам. На рамах уложены прогоны из 6-ти брусьев длиною 1,9 саж., а на них подрельсовые поперечины. Так как все рамы быков имеют одинаковую высоту, то в виду неровностей земляной поверхности, под некоторыми рамами приходится выкапывать ров небольшой глубины и устанавливать рамы ниже поверхности земли; под другие рамы наоборот приходится подводить клетки из брусков. Несмотря на эти меры, рихтовка рам по высоте представляет довольно кропотливую работу. Насадки смежных опор могут оказаться на равном уровне или с боковым перекосом. Во избежание траты времени на рихтовку рам, в Англии и Америке практикуется следующий прием (рис. 3 лис. 55). Прогоны покрываются сплошным настилом из досок или пластин, на котором насыпается

балластный слой; шпалы зарываются в балласт и подбиваются на требуемую высоту. Для предохранения балласта от высыпания, вдоль обоих краев настила укладываются продольные брусья. Пример высокой одноярусной эстакады, примененной при восстановлении моста через р. Днепр у Черкасс, изображен на рис. 1 и 2 лис. 53. Высота эстакады = 6,97 саж., а пролеты—5,665 саж., считая между осями быков. Каждый бык составлен из трех рам, установленных на свайном фундаменте. Каждая рама высотою 5,12 саж. и шириною понизу 5,5 саж. составлена из четырех коренных 6 верш. стоек, двух 6 верш. укосин, нижней и верхней насадок (6 вер.), парной горизонтальной схватки из 5 верш. бревен и четырех крестов диагональных схваток из 6 верш. пластин. Между собою все три рамы связаны системою горизонтальных и диагональных схваток. В виду большой высоты быки связаны между собою вдоль эстакады двумя продольными схватками, из которых верхняя расположена на насадках рам, а нижняя на 1,4 саж. ниже. Во избежание провисания и дрожания при езде, эти схватки поддерживаются двумя 6 верш. подкосами и двумя наклонными схватками. На быках эстакады уложены двух'ярусные прогоны пролетом 6,16 саж. из склепанных вместе железных двутавровых балок № 50.

Двух'ярусные рамные эстакады. (См. лист 54 атласа). При глубине оврага более 3 саж. быки эстакады удобнее собирать из двух рам, поставленных одна на другую. Верхние рамы всех быков заготовляются одинаковой высоты, а для нижнего яруса удобнее заготовить рамы разной высоты, чтобы иметь возможность изменять высоту опор, соответственно профили земляной поверхности. Нижние рамы устанавливаются на грунт с прокладкою коротышей из пластин. На насадки нижних рам укладывают вдоль эстакады горизонтальные схватки, которые создают связь между быками и облегчают установку верхнего ряда рам. Схватки смежных пролетов размещаются в нахлестку; вследствие чего схватки не имеют стыков и увеличивается площадь смятия дерева при передаче давления от верхней рамы на нижнюю. Пример двух'ярусной эстакады показан на листе 54 атласа. Эстакада длиною около 20 саж. разбита на пролеты по 1,5 саж. Рамы верхнего яруса имеют во всех быках одинаковую высоту в 1,75 саж. и составлены из двух коренных стоек и двух укосин, связанных между собою насадками по верху и по низу и крестом из диагональных полусхваток. Для нижнего яруса заготовлено три типа рам, высотою 1,0 саж. (рис. 4), высотою 1,5 саж. (рис. 5) и высотою 2 саж. (рис. 6). Нижние рамы, так же как и верхние, имеют трапецоидальную форму и составлены из двух коренных стоек и двух укосин, связанных между собою по верху и по низу насадками и крестом из диагональных полусхваток. Между верхними и нижними рамами вдоль эстакады уложено 4 горизонтальных схватки. Схватки длиною немного больше длины пролета уложены под стойками и упиранами верхней рамы так, чтобы концы схваток двух смежных пролетов приходились в нахлестку. Так как нижние рамы заготовлены только трех разных высот в 1—1,5 и 2 саж., то некоторые рамы приходится немного углублять в грунт, выкапывая для этой цели рвы; под другие рамы наоборот приходится подводить клетки из брусков. Для взаимной связи быков по направлению вдоль эстакады, кроме горизонтальных схваток,

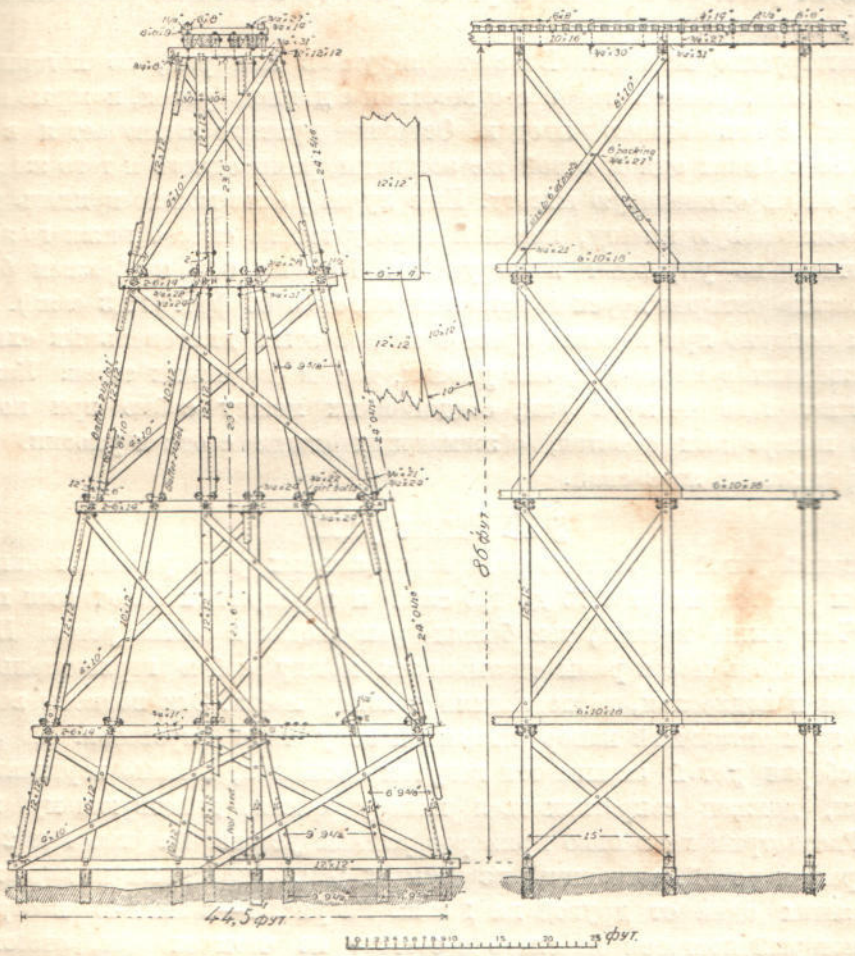
устроены кресты в плоскости укосин. Прогоны составлены из 6 брусьев длиною около 2 саж., которые уложены без стыков так, чтобы концы брусьев двух смежных пролетов приходились в нахлестку. На прогонах уложены подрельсовые поперечины, на взаимном расстоянии в 40 см. ось от оси.

Постройка рамных эстакад. Способ производства работ зависит от того, строятся ли рамы на месте работ или же оне доставляются на железнодорожных платформах в готовом виде. При доставке готовых рам, постройка эстакады требует гораздо меньше времени, чем при первом способе. Применительно к одноярусной эстакаде, первый способ сборки сводится к следующему. Рамы строятся в горизонтальном положении на местах последующей их установки; если высота рам меньше пролета между быками, то все рамы кладутся на землю одна за другою; если высота рам больше пролета, то лежащие рамы отчасти покрывают друг друга. Когда все рамы заготовлены, их устанавливают вертикально путем вращения около нижней насадки (рис. 4 лис. 53). Для этой цели лучше всего пользоваться лебедкою, установленною на насыпи или на полотне уже собранной части эстакады. В случае двух'ярусной эстакады, сборка по первому способу производится так: собрав на земле нижние рамы всех быков, устанавливают их вертикально при помощи лебедки (рис. 4 лис. 53), укладывают на них продольные схватки и покрывают последние настилом, на котором строят рамы верхнего яруса. Затем ставят эти рамы вертикально на нижние рамы, после чего укладывают прогоны и на них подрельсовые поперечины.

Если рамы в готовом виде доставляются на место работ и погружены на железнодорожных платформах, то установку рам на место можно производить вручную, или при помощи крана, установленного на железнодорожной платформе. Сборка одноярусной эстакады вручную показана на рис. 2—4 листа 55 атласа. Готовые рамы, прогоны, поперечины и куски старых рельс длиною около 2 саж. доставлены к месту работ на железнодорожных платформах. Каждая рама весит около 70 пуд. По наклонной плоскости из двух бревен рамы выгружаются под откос. Одновременно с установкою первой рамы, на бровке конуса укладывают клетки из шпал для поддержания прогонов первого пролета. Для установки рамы выравнивают место, а если требуется, выкапывают ров, шириною по дну около 0,6 саж. и длиною около 2 саж. От опрокидывания раму удерживают досками, которые временно пришивают к клетке на насыпи. Установив на место первую раму, укладывают в первом пролете несколько досок и затем прогоны, а на них временный путь из кусков старых рельс. После этого приступают к установке рамы второго быка. Установив ее и расшив ее с первою рамою крестами, укладывают прогоны во втором пролете и на них временный рельсовый путь. По мере установки рам, платформы с материалами по немногу продвигаются вперед. В том же порядке работа ведется дальше.

Сборка двух'ярусной эстакады при помощи крана показана на рис. 5—7 листа 55 атласа. Железнодорожные платформы, нагруженные рамами, верхними и нижними трех типов, прогонами, поперечинами, и кусками рельс длиною около 2 саж., подаются к началу эстакады вместе с краном

подъемной силой в 100 пуд., установленным на железнодорожной платформе. На конце насыпи укладывается клетка из шпал для поддержания прогонов первого пролета, а у подошвы конуса расчищается место для первого быка и укладываются коротыши из шпал. При помощи журавле-



Фиг. 643. Эстакада на жел. дор. Oregon Pacific.

вого крана, стрела которого вращается около вертикальной оси, рама для первого быка снимается с железнодорожной платформы и подается на место первого быка. Рабочие, стоящие на земле, направляют раму при опускании. Когда рама первого быка поставлена на место, ее удерживают от опрокидывания досками, пришитыми к клетке на насыпи. Затем в первом пролете укладывают несколько досок и вслед за ними прогоны, а на них—временный путь из кусков рельс. После этого приступают к установке второго быка. Установив первые два быка, расшив их крестами из диагональных схваток и уложив во втором пролете прогоны и путь, переходят к установке третьего быка, состоящего из верхней и нижней рамы. Повернув стрелу крана назад, берут с платформы одну нижнюю раму, поворачивают кран и опускают раму на коротыши. Раму временно расшивают досками, уложенными на ее верхней насадке. По верху рамы укла-

дывают продольные схватки. Затем при помощи крана опускают верхнюю раму, устанавливают и временно расшивают ко второму быку (рис. 6). На втором и третьем быке укладывают прогоны и временный путь из рельс, продвигают вперед платформу с краном и платформы с материалами и продолжают работу в прежнем порядке (рис. 7). Быки попарно связываются крестами из досок.

Многоярусные эстакады. Высота ярусов или рам, из которых составлены быки, назначается в соответствии с длиною бревен, которые можно приобрести с наибольшею выгодою. Основное правило заключается в том, что, во всех быках одной и той же эстакады, рамы одного и того же яруса должны иметь одинаковую высоту. Еще лучше, если можно придать всем ярусам одинаковую высоту, изменяя высоту только самого нижнего яруса. Это значительно упрощает конструкцию. На фиг. 643 изображен бык и часть фасада четырех‘ярусной эстакады высотою 86 фут. (12,3 саж.). Быки связаны попарно при помощи крестов из досчатых диагональных схваток, расположенных в плоскости, как укосин, так и коренных стоек. Каждый бык составлен из четырех рам, соединенных между собою при помощи парных поперечных схваток, обжимающих стыки стоек и укосин. Быки имеют фундамент из 8 свай.

§ 88. Рамные устои.

Рамный устой состоит из ряда вертикальных рам, установленных на взаимном расстоянии от 0,75 до 1,5 саж. и перекрытых балочными прогонами. Чем выше насыпь, тем больше рам входят в состав устоя. По направлению вдоль моста рамы связываются между собою горизонтальными схватками и подкосами, восходящими к концу моста. Эти подкосы воспринимают горизонтальный напор насыпи и силу тяги паровозов. По окончании сборки устой засыпается конусом насыпи и, помимо вертикальной нагрузки, должен сопротивляться напору земли, действующему вдоль моста. Рассмотрим несколько примеров рамных устоев. На рис. 1 и 2 лис. 56 изображен устой, состоящий из четырех рам, основанных на коротышах и отстоящих одна от другой на 1 саж. На рис. 1—3 лис. 47 изображен устой, который построен на скале и состоит из четырех рам, отстоящих одна от другой на 1 саж.; первые три рамы опираются на скалу при посредстве коротышей, а четвертая рама опирается на ряж, служащий опорою для сквозных ферм моста. На рис. 6 лис. 40 показан устой, состоящий из четырех рам и шпальной клетки. Первые две рамы основаны на коротышах, а последние две рамы—на ряже. На рис. 1 и 2 лис. 50 изображен устой, состоящий из двух рам и ряжа. Обе рамы связаны между собою горизонтальными и диагональными схватками и основаны на каменной отсыпи. Верхнюю часть устоя образует ряжевой ящик высотою 0,8 саж. На лис. 51 изображены устои, состоящие из четырех рам; три рамы каждого устоя основаны на сухой каменной кладке, а четвертая рама на шпальной клетке, сложенной на остатках взорванного каменного устоя.

§ 89. Козловые опоры.

Опоры в виде козел относятся к типу рамных опор. Для ширококолейных жел. дорог козловые опоры редко применяются. Разные типы

козел для быков узкоколейных мостов показаны на лис. 57. На рис. 4 изображен низкий козел, а на фиг. 5—высокий козел. В обоих случаях козлы основаны на коротышах, уложенных на грунте. В случае слабого грунта или большой глубины воды, козлы могут быть установлены на сваях. Такой случай показан на рис. 6. Этот бык отличается еще тем, что козел снабжен двумя подкосами, назначение которых сократить пролет прогонов. Узкоколейный мост с козловыми устоями показан на рис. 3 и 4 лис. 56. Каждый устой состоит из козла, основанного на коротышах. Сзади и с боков козел огражден от земляной насыпи стенками из брусьев.

ГЛАВА XV.

РЯЖЕВЫЕ ОПОРЫ.

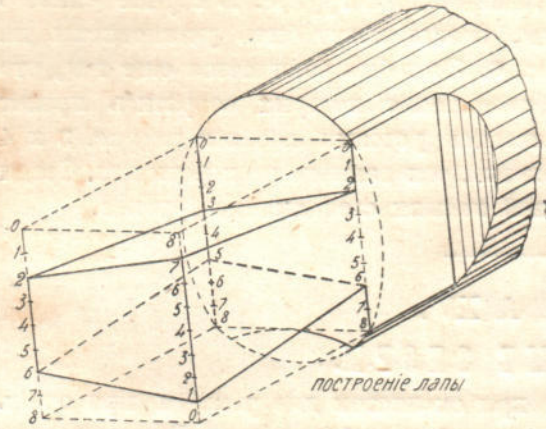
Ряжевые опоры устраиваются при скалистом дне реки и при очень слабом грунте (торф, ил), когда не допускается забивки свай. Ряжи уместны еще в тех случаях, когда горизонт ледяного покрова подвержен колебаниям и можно опасаться, что поднимаясь лед выдернет примерзшие к нему сваи. При постройке моста через Иркут на Забайкальской ж. д. льдом было выдернуто до 100 свай; после этого быки были заключены в ряжевые ящики, заполненные камнем. Ряжевые опоры требуют много лесного материала и камня; вследствие большой толщины, ряжи сильно стесняют живое сечение реки; кроме того ряжи быстро загнивают в пределах колебания уровня воды. Вследствие значительной усушки бревен в поперечном направлении, ряжи дают большую осадку, составляющую около 5% высоты ряжа. Разделяя эти недостатки со шпальными клетками, ряжи имеют перед клетками преимущество бо́льшей прочности. Изготовление ряжей требует много времени; поэтому рекомендуется выводить ряжи только до горизонта высоких вод, а выше этого уровня устраивают рамные надстройки, изготовление коих может идти одновременно с рубкою ряжей.

§ 90. Устройство и опускание ряжей.

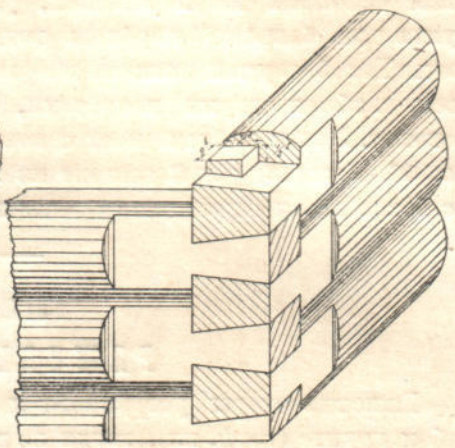
Ряж представляет сруб с дном, нагруженный камнем и погруженный на дно реки. Ширину основания ряжа принимают не менее половины его высоты; в противном случае ряж будет недостаточно устойчив. Для ряжей, заложенных на слабом грунте, площадь основания ряжа определяется из условия, чтобы наибольшее давление ряжа на грунт не превышало 0,5 до 1,5 кил. на см.², смотря по качеству грунта, причем давление в 0,5 к/см.² относится к илу и торфу. Площадь основания ряжа следует назначать с запасом в виду того, что ряж может сесть на дно реки не по всей площади основания, особенно в тех случаях, когда глубина воды настолько велика, что нельзя сравнять место для установки ряжа. При расчете давления ряжа на грунт, иногда предполагают, что с грунтом соприкасается только $^3/_4$ площади основания ряжа. Длину и ширину ряжа обыкновенно уменьшают по мере увеличения его высоты, т. е. ряж с'уживают кверху. Это достигается расположением стен ряжа с наклоном или снабжением ряжа уступами.

Стены ряжа рубятся из бревен или пластин диам. 4 до 6 верш. Венцы стен укладываются один на другой вплотную или с зазором, приблизительно в полдерева, чем достигается экономия в материале. Однако стены

с зазорами дают очень большую осадку, поэтому нельзя их рекомендовать. При укладке венцов вплотную, их немного притесывают один к другому, для

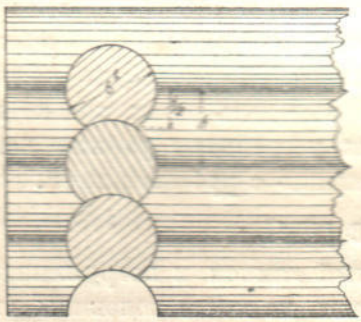


Фиг. 644.



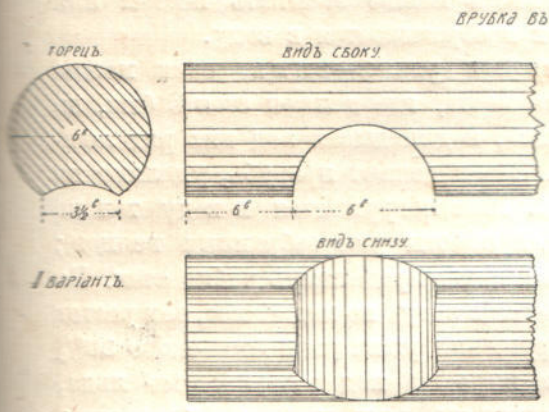
Фиг. 645. Врубка в лапу.

лучшей передачи вертикального давления. Если между венцами оставляются зазоры, то ряж надо загружать крупным камнем. Углы стен рубятся без остатка (фиг. 645) или с остатком (фиг. 646). Углы с остатком неудобны тем, что концы бревен выступают за угол ряжа и стесняют живое сечение реки. Если углы рубятся без остатка, то применяется врубка в лапу фиг. 645, причем форма лапы определяется по способу, указанному на фиг. 644. Если углы рубятся с остатком (фиг. 646), можно применять врубку в обло или чашку (фиг. 647 и 648) или врубку в присек (фиг. 649). Врубка в присек отличается от врубки в обло тем, что обло не вырубается во всю толщину бревна, а с внутренней стороны оставляется шип *A* (запотемок) (фиг. 649), для которого в следующем сверху бревне вырубается гнездо. Во избежание выпучивания и расползания стен ряжа, следует соединять их между собою перегородками во всю высоту ряжа, отстоящими одна от другой на 1 до 1,5 саж. Иногда перегородки заменяются отдельными распорками высотою в несколько венцов, расположенными в шахматном порядке. В углах ряжа и в местах расположения перегородок, стены обжимаются вертикальными сжимами на болтах. Сжимы создают прочную связь между всеми венцами ряжа и увеличивают сопротивление ряжа срезыванию ледоходом. В 1916 году ряжевые опоры нескольких стратегических мостов через Западную Двину около Риги были срезаны и снесены ледоходом. Одна из причин этой катастрофы заключалась в недостаточном скреплении ряжей вертикальными сжимами. Во избежание перекашивания стен, венцы полезно стягивать между собою наклонными, длинными шпонками из 4 верш. пластин, обтесанных в виде ласточкина хвоста (рис. 7 на лис. 40). Около углов ряжа в каждой его стенке с внутренней стороны забивается

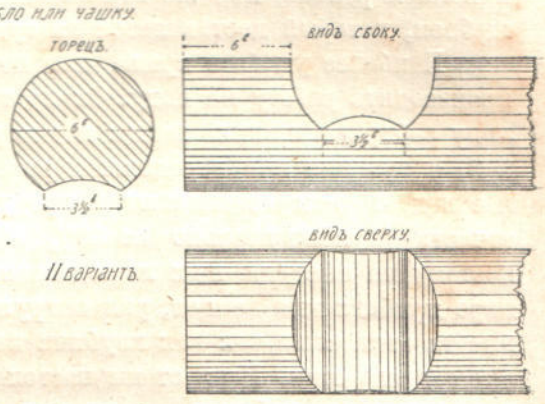


Фиг. 646.

целый ряд таких шпонок, расположенных одна над другою от дна до верху ряжа под углом 45°. Каждая шпонка захватывает около 5 венцов, из ко-



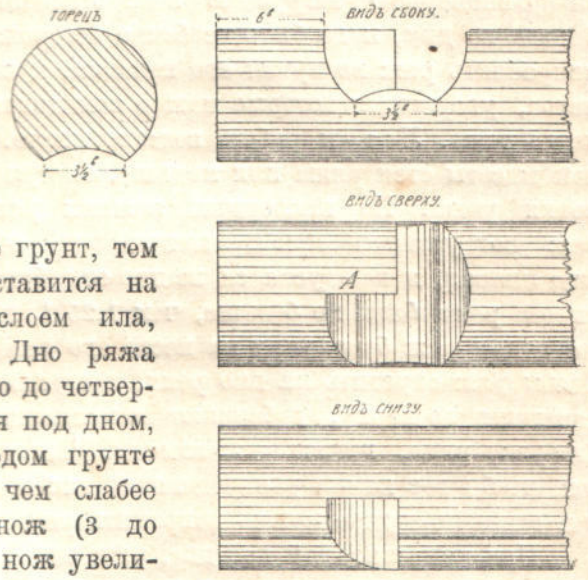
Фиг. 647.



Фиг. 648.

торых первые и последние два венца входят в состав венцов, связанных ближайшею верхнею и нижнею шпонками.

Дно ряжа образуется из бревен, врубленных в венцы сруба или из пластин, которые настилаются на балки, врубленные в венцы сруба. Ширина зазоров между бревнами, образующими дно, зависит от плотности грунта; чем плотнее грунт, тем шире эти зазоры; если ряж ставится на скалистый грунт, покрытый слоем ила, можно вовсе не делать дна. Дно ряжа располагается на высоте второго до четвертого венца; венцы, находящиеся под дном, образуют нож ряжа. При твердом грунте нож состоит из одного венца; чем слабее грунт, тем выше делается нож (3 до 4 венца). Врезываясь в грунт, нож увеличивает трение на наружных стенках ряжа, отчего немного уменьшается давление под основанием ряжа. При опускании ряжа, его нагружают камнем, вследствие чего дно ряжа может оторваться; во избежание этого нижние венцы ряжа надо обхватывать длинными железными хомутами, прикрепляя их болтами к венцам, расположенным выше (рис. 7 на лис. 40). Для пропуска болтов хомуты должны иметь овальные дыры, иначе при разбухании дерева в воде произойдут повреждения ряжа.



Фиг. 649. Врубка в присек.

Производство работ. В виду большой площади основания ряжей, необходимо предварительно планировать дно реки, если оно имеет значительный уклон и неровности. Планировка дна заключается не в снятии верхнего наносного слоя, а в подсыпке пониженных мест для образования горизон-

тальной площадки. Проще всего планировку производить водолазами при помощи лопат. Если водолазов нет, неровности можно сглаживать протаскиванием рельса, или же пониженные места можно засыпать песком или щебнем, который доставляется на судах и сбрасывается в воду.

Наиболее удобное время для постройки ряжей—зима, если можно производить работу на льду. Около того места, где должен стоять бык, на льду собирают нижние венцы и дно ряжа, подкладывая под них ряд лежней, служащих для передвижки ряжа. Затем делают прорубь, удаляют из нее лед и ряж стаскивают в прорубь. Ряж погружается в воду только отчасти (приблизительно на 80% общей высоты уже собранных венцов); поэтому на выступающих из воды венцах можно продолжать рубку стен. По мере прибавления венцов, ряж погружается в воду, но медленнее, чем растет высота стен ряжа, так как глубина погружения ряжа равняется около 80% высоты его стен. Если стены настолько выросли над поверхностью льда, что неудобно работать, начинают загружать ряж камнем, удерживая верхний венец над водою настолько, чтобы удобно было продолжать рубку стен. Когда стены окончены, ряж сажают на место, загружая его всем потребным количеством камня. Чтобы ряж погружался равномерно, надо следить за равномерною загрузкою всех отделений ряжа камнем. Когда ряж близок ко дну, надо быть особенно осторожным. Чтобы иметь возможность исправлять ряж во время его посадки, к нему привязывают несколько канатов, удерживая которые можно замедлить погружение той или другой части ряжа. Летом работа ведется иначе. Ряж рубят на берегу до полной высоты стен ряжа или меньше, смотря по глубине воды в месте установки ряжа. По наклонным лежням ряж спускают на воду, причем ряж погружается приблизительно на 80% его высоты. Чтобы ряж еще плавал, и не опускался на дно от собственного веса, необходимо, чтобы высота ряжа была не больше, чем 1,25 t, где t глубина воды. В плавучем состоянии ряж буксируют на место его установки и закрепляют якорями. Чтобы ряж опустить на дно реки, поступают так: если стены ряжа еще не доведены до верху, добавляют недостающие верхние венцы и если этой нагрузки мало, грузят ряж камнем. Погрузку камнем надо производить так, чтобы вес камня распределялся как можно равномернее по дну ряжа; в противном случае можно накренить ряж при опускании его.

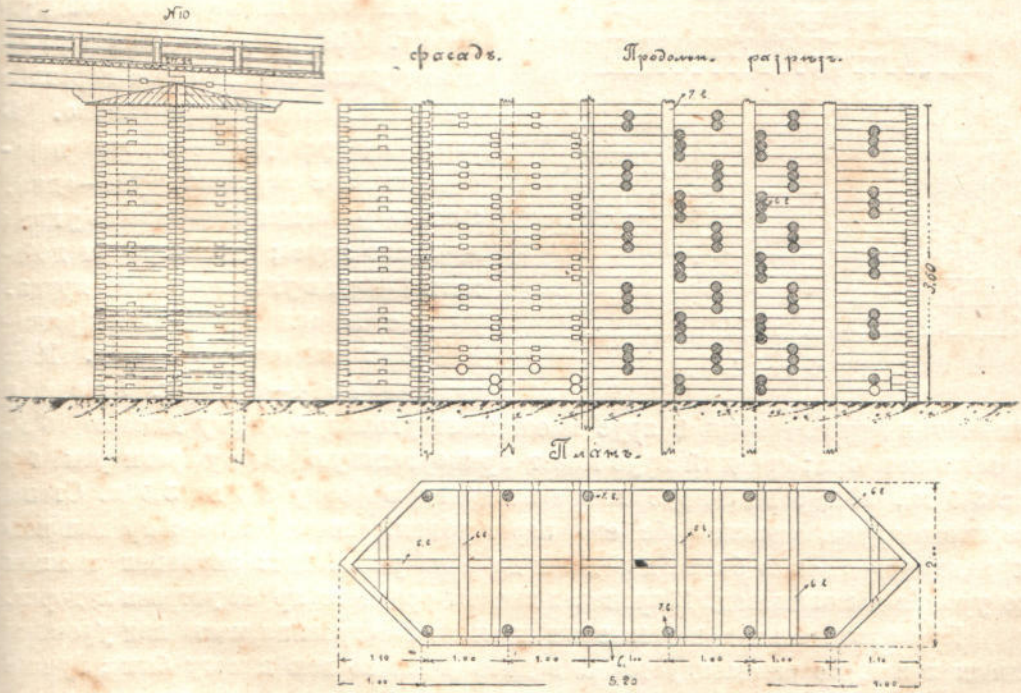
При неправильной посадке, ряж опирается на грунт не по всей площади своего основания и под полом ряжа остаются пустые места. Для заполнения этих пустот можно поступать следующим образом. Дно ряжа устраивают из бревен с оставлением между ними зазоров. Первоначальную загрузку производят не камнем, а щебнем, расчитывая его количество так, чтобы его с запасом хватило на засыпку всего пространства между дном и ножем ряжа. Попадая на дно ряжа, щебень просыпается в зазоры между бревнами. Когда начинают забрасывать ряж крупным камнем, давление на щебень растет и поэтому он просыпается дальше до тех пор, пока он заполнит все пустоты под полом ряжа. Если при опускании ряжа на дно реки нельзя обойтись без нагрузки камнем, необходимо следить за тем, чтобы зазоры между бревнами дна не забрасывались крупным камнем. Во избежание этого, камнем надо грузить не все клетки, а только небольшое их число.

В случае скалистого грунта, покрытого слоем ила, ряж делается без дна и опускается до скалы. В таких условиях строился ряж временного быка, построенного для восстановления моста через Ю. Буг у Голты. От собственного веса ряж погрузился в ил только на 0,3 саж. Для дальнейшего опускания ряж стали забрасывать камнем, который застревал между перегородками ряжа; кроме того на ряже начали возводить рамную надстройку быка. Под действием этой нагрузки ряж погрузился еще на 0,4 саж. и дошел до скалы.

Для ограждения ряжа от подмыва, дно реки вокруг ряжа должно быть укреплено каменною наброскою. Высота наброски—0,5 до 0,7 саж., считая от ножа ряжа. На этом уровне подсыпка обделывается в виде горизонтальной бермы шириною 0,3 саж., после чего начинается откос, которому придается двойной или полуторный уклон.

§ 91. Ряжевые быки.

Ряж для быка представляет в плане продолговатый прямоугольник с одним или двумя заостренными концами. Заострение конца с низовой стороны способствует более плавному проходу воды в пролетах между опорами. Заострение верхового конца имеет целью борьбу с ледоходом. Во избежание устройства отдельного ледореза, верховая сторона ряжа иногда обделывается в виде ледореза. Простейший ряжевой бык изображен на фиг. 650.

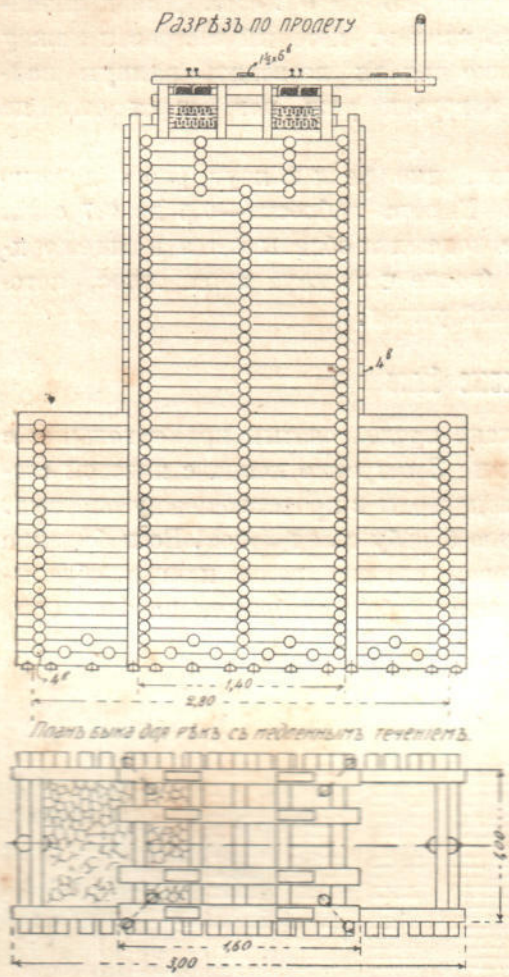


Фиг. 650.

Стены ряжа высотою 3,6 саж. не имеют ни уклона, ни уступов. В плане ряж имеет форму продолговатого четырехугольника с заостренными концами. Длина ряжа 7,2 саж., его ширина—2 саж. и высота 3,6 саж. Ряж срублен из 6 верш. бревен. Продольные стены ряжа связаны между собою много-

численными распорками, состоящими каждая из трех бревен; кроме того каждая продольная стена поддерживается шестью 7 верш. стойками.

На фиг. 651, а также на рис. 1—3 лис. 58 изображен двух'ярусный ряжевой бык высотою 3,6 саж. Ряж срублен из 4 верш. бревен и состоит из двух ярусов. Нижний ярус имеет прямоугольную форму размером 3 × 1,4 саж., а верхний ярус почти квадратную форму (1,6 × 1,4 саж.). Нижний ярус заполнен камнем и в нем устроено три перегородки, а в верхнем ярусе—одна. Непосредственно под прогонами из рельсовых пакетов имеется две распорки из 5 бревен каждая. Сжимы устроены только по углам верхнего яруса; следовало бы добавить сжимы по углам нижнего яруса. На рис. 4 до 7 лис. 58 изображен пирамидальный ряжевой бык высотою 3,2 саж., состоящий из двух ярусов. Оба яруса имеют в плане прямоугольную форму. Обе длинные стены ряжа имеют уклон в $^1/_{20}$, а обе короткие стены выведены вертикально. В нижнем ярусе устроено три перегородки, а в верхнем ярусе—одна. Сжимы помещены только по углам верхнего яруса; следовало бы добавить сжимы в углах нижнего яруса. На лис. 59 атласа изображен ряжевой бык высотою 7,5 саж. Ряж срублен из 4—5 верш. бревен и имеет три яруса. Нижний ярус имеет шестиугольную форму длиною 16 м. и шириною 6 м.; средний ярус имеет прямоугольную форму размером 6,5 на 3,5 м., а верхний ярус имеет квадратную форму 3,5 на 3,5 м. Стены верхнего яруса, а также обе его перегородки, совпадающие с продольною и поперечною осью быка, доведены до пола ряжа. Ряж заполнен камнем до уровня высоких вод. В пределах высоты среднего яруса устроен ледорез.



Фиг. 651.

При значительном возвышении пролетного строения моста над уровнем высоких вод, не рекомендуется выводить ряжи во всю высоту быка; лучше и дешевле доводить ряж только до уровня высоких вод и на ряже устанавливать рамную надстройку; такие быки носят название рамно-ряжевых (см. § 86).

§ 92. Ряжевые устои.

Ряжи для устоев могут иметь в плане очертание прямоугольника (рис. 7 на лис. 60), буквы П (рис. 8 на лис. 60) или буквы *Т* (рис. 9 на

лис. 60). Простейший ряжевой устой изображен на рис. 1—4 лис. 60. При высоте насыпи в 2,5 саж. длина устоя вдоль пути = 2,65 саж. Ширина устоя = 1,9 саж. В плане ряж имеет прямоугольную форму и срублен из 5 верш. бревен. Задняя стенка ряжа сквозная, так как венцы идут через ряд. Стены ряжа связаны между собою поперечными и продольными распорками. В случае железного пролетного строения отверстием 5 саж. шкафная часть устоя имеет высоту 0,87 саж.; глубину шкафа желательно делать как можно больше, чтобы давление устоя передавалось на грунт более центрально. Это влечет за собою некоторое уменьшение отверстия моста; в данном случае отверстие получается только 4 саж., между тем как применены 5 саж. фермы. Ряж углублен в грунт на 0,3 саж. и под ним насыпана каменная подушка толщиною 0,10 саж. Вокруг ряжа сделана каменная наброска. Ряж загружен камнем на высоту пяти венцов. Выше ряж засыпан конусом насыпи.

Другой пример одноярусного ряжевого устоя высотою 4,5 м. изображен на фиг. 652. Передняя и боковые стенки ряжа срублены из бревен, уло-

Фиг. 652.

женных одно на другое вплотную, а в задней стенке, обращенной к насыпи, между бревнами оставлены зазоры. Стены ряжа связаны между собою тремя рядами продольных и пятью рядами поперечных распорок. Ряж засыпан конусом насыпи. Основание боковых стен сделано с уступами, соответственно одиночному откосу конуса.

На рис. 1—3 лис. 61 изображен одноярусный ряжевой устой высотою 3,5 саж. В плане ряж имеет прямоугольную форму длиною 2,15 саж. и шириною 2 саж. Стены ряжа связаны между собою одною перегородкою вдоль пути и двумя перегородками поперек пути. Ряж установлен на скале, покрытой слоем жидкой синей глины.

На лис. 62 атласа изображены двух‘ярусные ряжевые устои высотою 2 саж. для ригельно-подкосного моста отверстием 3 саж. Ряж каждого устоя имеет два яруса. Нижний ярус в плане имеет форму буквы *T*, а верхний ярус—прямоугольную форму размером 1,5 на 1 саж. Стены верхнего яруса, а также его перегородка, направленная вдоль моста, доведены до дна ряжа. Дно ряжа устроено из бревен, отстоящих одно от другого на 0,25 и 0,3 саж.

На рис. 5 и 6 лис. 60 изображен двух‘ярусный ряжевой устой высотою 10 м. В плане оба яруса имеют прямоугольную форму и одинаковую длину 6 мет. по направлению вдоль моста. В поперечном направлении ряж нижнего яруса на 4 мет. шире верхнего яруса. Наружные стены, а также перегородки верхнего яруса доведены до дна ряжа. Устой обсыпан конусом

с одиночными откосами. Так как длина устоя в 6 мет. короче заложения конуса в 10 мет., то между верхнею бровкою конуса и началом устоя сложена клетка из шпал. Ее сопряжение с насыпью сделано уступами.

ГЛАВА XVI.

ШПАЛЬНЫЕ КЛЕТКИ.

При восстановлении мостов, разрушенных в последнюю войну, железнодорожные войска в громадном большинстве случаев строили опоры в виде шпальных клеток, вследствие обилия шпал на местах, а также быстроты и легкости производства работ. Но принимая во внимание, что шпальные клетки представляют самый несовершенный тип опор, чисто временного характера, требующий постоянного надзора, весьма опасный в пожарном отношении и в значительной степени стесняющий живое сечение реки, надо принять за правило избегать устройства шпальных клеток и применять их только в тех случаях, когда на месте работ нельзя найти других материалов, кроме шпал, и требуется самое быстрое восстановление моста, хотя бы в ущерб его прочности и долговечности.

§ 93. Устройство шпальных клеток.

Длину и ширину клетки следует назначать кратною от длины или полудлины шпал, т. е. в одну, полторы, две и т. д. шпалы; при переводе на саж. получается 1,25—1,9—2,5—3,13 саж. При соблюдении этого условия, шпалы не приходится резать на части. Высота клеток доходит до 6 саж. При большой высоте клетку ушаряют книзу, чтобы увеличить ее устойчивость и уменьшить давление на грунт. Для той же цели отдельные шпальные клетки можно связывать между собою горизонтальными распорками из бревен или рельс. При устройстве клетки непосредственно на грунте (напр. в сухих оврагах), площадь основания определяется по допускаемому давлению на грунт; основание должно быть тщательно выравнено и нижний ряд шпал уложен вплотную, чтобы уменьшить давление. В случае каменистого грунта, шпалы нижнего ряда укладываются с такими же промежутками, как и в клетке. Шпалы укладываются горизонтальными рядами; кладка должна быть самая тщательная и шпалы должны быть тщательно притесаны друг к другу. При оставлении вертикальных зазоров между шпалами, давление передается неравномерно, клетка пружинит, дает большую осадку и качается во время прохода поездов. Шпалы ручной пилки имеют неодинаковую толщину, не только при сравнении шпал между собою, но и в отдельных шпалах толщина может меняться по длине шпалы; поэтому шпалы следует подбирать по толщине, дабы уменьшить размер притески. В высоких клетках, через каждые 1,5 до 2 саж., полезно укладывать прокладные ряды из целых бревен такой же длины как клетка. Нижний ряд, образующий основание клетки, очень полезно выкладывать не из шпал, а из длинных бревен, дабы давление клетки равномернее распределить на грунт. Горизонтальные ряды шпал надо скреплять между

собою железными скобами, которые размещаются преимущественно по контуру клетки в количестве одной до двух скоб на шпалу. Скобы, забитые в торцы шпал, слабо держатся, поэтому надо применять такие скобы, заостренные концы которых направлены под прямым углом друг к другу. Бо́льшую прочность чем скобы дают штыри или корабельные гвозди из железа диам. $^1/_2$ до $^3/_4$ дм., которые забиваются через шпалы вертикально в каждом пересечении, расположенном по контуру клетки. Если высота клетки больше 2,5 саж., ее углы надо скреплять вертикальными сжимами из бревен или пластин на болтах. Эти сжимы ставятся на место после полного обжатия клетки от прохода нескольких поездов.

Прогоны или фермы опираются на клетки при помощи мауерлатов из брусьев (сосновых или дубовых), из рельс или прокатных железных балок, причем эти мауерлаты следует укладывать на клетке как можно центральнее. Шпалы, находящиеся под мауерлатами, сильно напряжены; поэтому в этих местах надо укладывать дополнительные шпалы.

Расчет клеток. Число шпал в горизонтальных рядах определяется расчетом по допускаемому напряжению на смятие шпал поперек волокон и назначается так, чтобы каждая шпала опиралась на три или четыре шпалы. Число этих пересечений поверяется в верхней и затем в нижней части клетки. При ширине подошвы шпалы в 5 вер. площадь соприкасания двух перекрещивающихся шпал будет $\omega = 22{,}2 \,.\, 15{,}5 = 344$ см.^{2} Допуская для сосны на смятие поперек волокон напряжение $R\delta = 15 + 25\% = 19$ к/см.^{2}, получаем допускаемое давление на одно пересечение шпал

$$p = \omega.\ R\delta = 344.\ 19 = 6520 \text{ k}.$$

Пример. На клетку высотою 3,5 саж., составленную из 220 сосновых шпал, передается давление $Q_2 = 48000$ k. от веса поезда и пролетного строения. При весе одной шпалы в 68 k., собственный вес клетки из 220 шпал составляет $Q_1 = 220 \,.\, 68 = 15000$ k. Необходимое число пересечений шпал в верхней части клетки $n_2 = \frac{Q_2}{p} = \frac{48000}{6520} = 7{,}4$, а в нижней

$$\text{части клетки } n_1 = \frac{Q_1 + Q_2}{p} = \frac{15000 + 48000}{6520} = 9{,}7.$$

Расчитаем еще фундамент клетки. При площади постели одной шпалы в $267 \,.\, 22{,}2 = 5930$ см.^{2} и при допускаемом давлении на грунт в 1 к/см.^{2}, допускаемое давление от одной шпалы составляет $5930.1 = 5930$ k. Для передачи давления клетки на грунт в нижнем ряду надо уложить

$$\frac{Q_1 + Q_2}{5930} = \frac{15000 + 48000}{5930} = 10{,}6 \text{ шпал.}$$

Осадка клеток. При определении высоты клеток, надо принимать во внимание, что оне дают упругую осадку при проходе поездов и кроме того остающуюся осадку, вследствие усушки шпал и смятия их в местах взаимного пересечения.

Упругую осадку λ можно расчитать по формуле: $\lambda = \frac{n.h}{E}$

где h см.—высота клетки; n в к/см.^{2}—сжимающее напряжение дерева поперек волокон, $E = 1300$ к/см.^{2}—коэффициент упругости дерева поперек волокон.

Остающуюся осадку, вызванную обжатием клетки, можно определить из условия, что в каждом пересечении шпал смятие составляет от 0,75 до

1 мм. в случае пристроганных и 1 до 2 мм. в случае притесанных брусьев. Следовательно на каждую сажень высоты клетки остающаяся осадка составляет от $^1/_2$ до 1 дм. Если при укладке высота клетки = 3 саж., то после обжатия поездом высота уменьшится на $1^1/_2$ до 3 дм.

Остающуюся осадку, вызванную усушкою шпал, можно расчитать из условия, что по радиальному направлению шпалы усыхают на 4%, так что осадка клетки составляет около 4% ее высоты.

Фундаменты шпальных клеток. Если грунт надежный, клетки укладываются непосредственно на грунте, поверхность которого планируется под горизонтальную площадку. Число шпал в нижнем ряду назначается с таким расчетом, чтобы давление на грунт не превышало 1 к/см.². Очень часто нижний и следующий за ним ряд укладываются сплошь без промежутков. В дальнейших рядах на каждую продольную шпалу кладется около 4-х поперечных шпал. Если грунт слабый, весьма полезно выкладывать нижний ряд не из шпал, а из бревен такой же длины как клетка. Если при сплошном настиле из таких бревен давление на грунт превышает допускаемый предел, то под клеткою устраивают фундамент из каменной наброски, сухой каменной кладки, бетонных массивов, бетонной плиты или ряжа. Примеры шпальных опор на каменной наброске показаны на рис. 2 и 3 лис. 67, а также на рис. 1 и 2 лис. 64. Материалом для наброски может служить камень от взорванных опор или от разобранной мостовой конусов. Если камень постелистый, фундамент клетки можно устроить в виде сухой каменной кладки (рис. 4 на лис. 67).

Для устройства фундаментов очень удобны бетонные массивы размером около 0,5×0,5×0,3 саж., которые заготовляются заранее и доставляются на место работ в готовом виде. Постройка опор из бетонных массивов очень удобна в том случае, если массивы можно опускать в реку при помощи поворотного крана, установленного на железнодорожной платформе, перемещающейся по рельсовому пути. До опускания массивов дно реки должно быть спланировано. Количество массивов, укладываемых в нижнем ряду опоры, определяется в зависимости от допускаемого давления на грунт. Пример клетки, основанной на бетонной плите, показан на рис. 5 лис. 63. Фундамент в виде бетонной плиты применяется при очень слабом грунте. Для достижения более равномерной передачи давления на грунт, необходимо выбрать грунт на некоторую глубину. Размеры бетонной плиты определяются из условия, что давление клетки передается через плиту под углом около 30° к вертикали. Чтобы ускорить схватывание цемента, к раствору прибавляют углекислую соду (natrium carbonicum) в пропорции 1 фунта на ведро воды. При этом схватывание происходит приблизительно через час. Еще более быстрое схватывание получается, если вместо соды прибавить хлористый кальций в той же пропорции; тогда схватывание наступает уже через 15 минут. В виду столь быстрого схватывания, бетон необходимо делать литым, т. е. предварительно насыпать подушку из щебня и затем залить его жидким цементным раствором.

Клеточные быки на ряжевом фундаменте показаны на рис. 8 и 9 лис. 64, причем рис. 8 соответствует случаю малой глубины воды, а рис. 9 —случаю большой глубины. Клеточный устой на ряжевом фундаменте изображен на рис. 1 лис. 67.

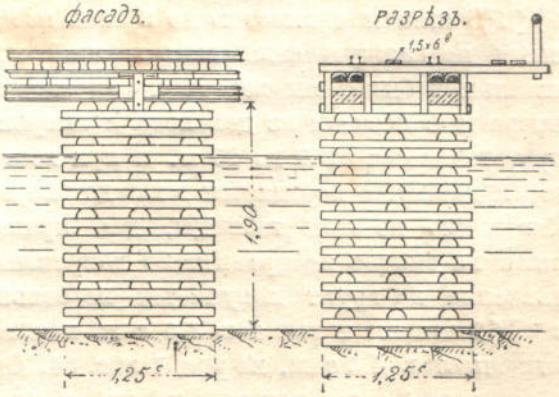
Во избежание осадки шпальных клеток, возводимых на сухом грунте, их фундамент надо закладывать в грунт на глубину около 0,2 м., если давление на грунт не превышает 1 к/см.² и на глубину около 0,5 м., если давление доходит до 3 к/см.². Для ограждения шпальных клеток от подмыва, вокруг клеток, на расстоянии около 0,5 саж. от краев клетки, забивают шпунтовый ряд из досок (рис. 5 на лис. 67) с расположением маячных свай на взаимном расстоянии около 0,75 саж. и с засыпкою шпунтового ряда камнем. Чтобы основание клеток укрепить от разрушения водою, австрийцы в минувшую войну заливали клетки бетоном, для чего клетки предварительно зашивались досками.

§ 94. Шпальные быки.

Быки в виде шпальной клетки обыкновенно устраиваются только под один путь, так как двупутные быки подвержены перекосам, вследствие несимметричного давления в случае нагрузки только одного пути. Кроме того в большинстве случаев можно сначала ограничиться восстановлением движения по одному пути с тем, чтобы под второй путь построить более совершенную опору.

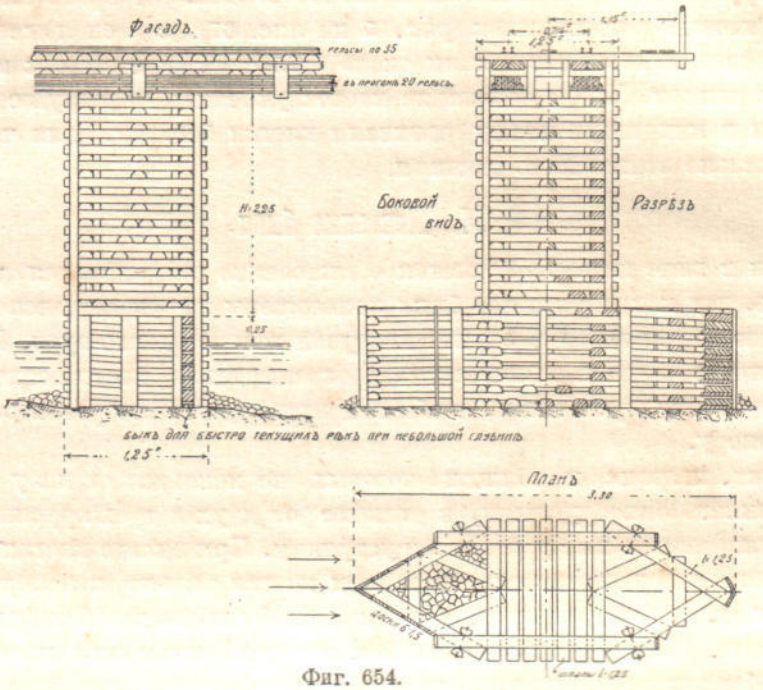
Клетки, ширина и толщина которых не меняется от низу до верху, будем называть одноярусными, в отличие от двух-и трех'ярусных клеток, которые уширяются книзу и притом уступами. При высоте клетки до 4 саж., обыкновенно ограничиваются уширением клетки только в поперечном направлении, т. е. поперек пути, для того, чтобы повысить боковую устойчивость клетки. Если грунт надежный и площадь основания клетки достаточна и без уширения клетки, то требуемую боковую устойчивость быка можно достигнуть устройством укосин, упертых верхним концом в вертикальные сжимы, схватывающие клетку, а нижним концом—в откосные сваи. Таким образом можно значительно уменьшить количество шпал, необходимых для устройства клетки.

Простейший бык, в виде одноярусной клетки в 1 × 1 шпалу, показан на фиг. 653. В каждом поперечном и продольном ряду клетки уложено по 3 шпалы. На 1 саж. высоты такой клетки требуется 39—42—45—48 шпал, если их толщина $3^3/_4$ — $3^1/_2$ — $3^1/_4$ — 3 верш. Высоту такой клетки можно доводить до 2 саж. при условии укрепления углов клетки вертикальными сжимами из бревен. В рассматриваемом примере (фиг. 653) следовало бы поставить такие сжимы. Другой пример клетки в 1 × 1 шпалу при высоте в 1 саж. изображен на рис. 1 лис. 63. Число шпал на каждую саж. высоты клетки = 56. На фиг. 654 изображен бык из клетки в 1 × 1 шпалу на ряжевом фундаменте. Ряж. длиною 3,3 саж. и шириною 1,25 саж. имеет шестиугольную форму; он срублен из шпал и загружен



Фиг. 653.

камнем. С верховой стороны нос ряжа обшит вертикальными досками. Клетка квадратного сечения 1,25 × 1,25 саж. имеет в верхних рядах по 3, а в нижних рядах по 4 шпалы. На бык опираются четырехсаженные прогоны из рельсовых пакетов.



Фиг. 654.

При высоте до 3 саж. для быков часто применяются клетки в $1 \times 1^1/_2$ шпалы. Одноярусный бык такого типа высотою в 1,25 саж. изображен на рис. 2 лис. 63 с показанием порядка укладки шпал в разных рядах. Одноярусный бык в $1 \times 1^1/_2$ шпалы и высотою в 2,25 саж. показан на рис. 3 лис. 63. Как видно из плана, в каждом втором ряду кладка шпал косая. Число шпал на каждую саж. высоты клетки = 120. Двух'ярусный бык в $1 \times 1^1/_2$ шпалы и высотою до 3 саж. изображен на рис. 4 лис. 63. Число шпал на каждую саж. высоты этой клетки = 120. Для этих 4-х типов шпальных быков мы поверили напряжения в шпалах и давления на грунт, вызванные поездом из декапода и американских полувагонов при величине пролетов моста от 5 до 25 м. и при весе шпал по 68 к.; площадь, по которой давление передается в каждом пересечении шпал, принята в 344 см.². Как видно из этой таблицы, для пролетов моста до 25 м. напряжения шпал на смятие не превышают допускаемого предела в 19 к/см.²; причем давление на грунт получается не больше 2,4 к/см.². Двух'ярусный бык в 3×2 шпалы и высотою 3,6 саж. показан на рис. 5 лис. 63, а такой-же бык высотою 4,5 саж. на рис. 1 лис. 64. Одноярусный бык в $1^1/_2 \times 3$ шпалы и высотою 4 саж. показан на рис. 2 лис. 64. Один из способов укладки шпал для клетки квадратного сечения в 2×2 шпалы изображен на рис. 6 лис. 63. Чтобы придать клетке бо́льшую жесткость и упростить производство работ, по углам клетки установлены вертикальные стойки. Клетку квадратного сечения в 3×3 шпалы можно укладывать по способу,

показаному на рис. 3 лис. 64. Для взаимного соединения горизонтальных рядов шпал этой клетки применены штыри (корабельные гвозди) из круглого железа $^3/_4$ дм., размещенные только по контуру клетки.

Напряжения в клеточных быках при нагрузке декаподом и американскими полувагонами.

Пролет ферм мет.	Давление на бык от декапода тон.	Тип клетки № рис. на лис. 63	Высота клетки саж.	Вес клетки тон	Напряжение в шпалах на смятие ⊥ волокон в к/см.²		Давление на грунт к/см²
					вверху	внизу	
5	52,74	1	1,25	4,3	7,7	8,7	0,92
		2	1,25	8,3	5,1	4,5	0,9
		3	2,25	18,4	5,0	6,5	—
		4	3,0	24,5	7,7	6,2	1,1
10	81,03	1	1,25	4,3	11,7	13,1	1,4
		2	1,25	8,3	7,8	6,5	1,3
		3	2,25	18,4	7,3	9,1	—
		4	3,0	24,5	11,7	8,4	1,5
15	111,75	1	1,25	4,3	16,2	17,8	1,8
		2	1,25	8,3	10,8	8,8	1,8
		3	2,25	18,4	10,2	12,0	—
		4	3,0	24,5	16,2	10,9	1,9
20	133,27	1	1,25	4,3	19,6	21,1	2,2
		2	1,25	8,3	13,0	10,3	2,1
		3	2,25	18,4	12,2	13,9	—
		4	3,0	24,5	19,6	12,6	2,3
25	156,02	1	1,25	4,3	22,8	24,6	2,6
		2	1,25	8,3	15,1	12,1	2,4
		3	2,25	18,4	14,2	16,0	—
		4	3,0	24,5	22,8	14,5	2,6

Кубиковые клетки (рис. 4 до 7 лис. 64) составляются из одного до шести кубиков. Кубик размером в 1×1 шпалу имеет в каждом ряду по три шпалы. При высоте насыпи до 1,5 саж. достаточно одного кубика (рис. 4 лис. 64); при высоте от 1,5 до 3 саж. клетка устраивается из трех кубиков, расположенных в двух ярусах согласно рис. 5 лис. 64; при высоте от 3 до 4,5 саж. клетка составляется из шести кубиков, которые размещаются в трех ярусах согласно рис. 6 и 7 лис. 64. Кубики примыкают один к другому в притык; поэтому в каждом кубике кладка шпал ведется независимо от смежных кубиков. Благодаря столь простому способу укладки шпал, кубиковые клетки очень практичны. Несмотря на сквозные вертикальные швы между кубиками, давление распределяется между кубиками вполне удовлетворительно, особенно если кубики каждого яруса связать между собою прокладными рядами из целых брусьев во всю длину яруса. Такие ряды полезно уложить по верху каждого яруса и под основанием всей клетки. Для кубиковых быков в один, два и три яруса при высоте каждого яруса в 1,5 саж. мы расчитали напряжения в шпалах и давление на грунт, вызванные поездом из декапода и американских полувагонов при величине пролетов моста от 5 до 25 м.

Напряжения в кубиковых клеточных быках при нагрузке декаподом и американскими полувагонами.

Пролет ферм мет.	Давление на бык от декапода тон.	Тип опоры					Высота опоры саж.	Вес опоры тон.	Напряжение на смятие ⊥ волокон к/см.².	
		Число ярусов	Число кубиков	Число шпал в каждом ряду яруса						
				Верхн. ярус	Средн. ярус	Нижн. ярус			Вверху	Внизу
5	52,74	1	1	3	—	—	1,5	4,6	17,0	18,5
		2	3	3	—	3	3	13,8	17,0	10,7
		3	6	3	3	3	4,5	27,6	17,0	8,6
10	81,03	1	1	4	—	—	1,5	4,6	14.9	15,5
		2	3	4	—	3	3	13,8	14,9	15,3
		3	6	4	3	3	4,5	27,6	14,7	11,7
15	111,75	1	1	5	—	—	1,5	4,6	12,9	13,5
		2	3	4	—	4	3	13,8	20,3	11,4
		3	6	4	3	3	4,5	27,6	20,3	15,0
20	133,27	1	1	5	—	—	1,5	4,6	15,5	16,0
		2	3	5	—	4	3	13.8	15.5	13,4
		3	6	5	3	3	4,5	27,6	15,5	17,3
25	156,02	1	1	5	—	—	1,5	4,6	18,1	18,9
		2	3	5	—	4	3	13,8	18,1	15,4
		3	6	5	3	3	4,5	27,6	18,1	19,7

§ 95. Шпальные устои.

Устройство шпальных устоев зависит от того, строится ли устой на старой, уже слежавшейся насыпи, или же насыпь сооружается одновременно с постройкою устоя, в каком случае клетку устоя закладывают на поверхности земли и затем засыпают конусом. Такие устои будем называть обсыпными. Если устой строится на слежавшейся насыпи, откос конуса разрабатывается ступенчатым образом и на образовавшихся таким образом горизонтальных площадках возводят клетку ступенчатого устоя. В этом случае на постройку устоя расходуется значительно меньше материала, чем в первом случае. Кроме этих двух типов, при высоте насыпи более 3 саж. применяются еще раздельные устои, состоящие из отдельного быка и небольшой клетки, сложенной на верхней бровке конуса и с быком сопряженной при помощи балочного пролетного строения. Преимущество раздельных устоев заключается в том, что на них расходуется значительно меньше материала, и их бык не подвергается напору земли.

Обсыпные устои. При высоте насыпи до 1 саж. устой состоит из клетки квадратного сечения в 1×1 шпалу (рис. 1 на лис. 65), причем общее число потребных шпал $= 64$. При высоте от 1,5 до 1,8 саж. клетка устоя имеет прямоугольное сечение в $1 \times 1^1/_2$ шпалы (рис. 2 и 3 на лис. 65), причем количество шпал на каждую саж. высоты клетки составляет 104 до 120 шпал. При высоте от 2 до 2,5 саж. клетка устоя имеет прямоугольное сечение в $1^1/_2 \times 2$ шпалы (рис. 4 на лис. 65) и число шпал на каждую

сажень высоты клетки = 212. Для рассмотренных четырех обсыпных устоев мы расчитали напряжение в шпалах и давление на грунт вызванные поездом из декапода и американских полувагонов при величине пролетов моста от 5 до 25 м.

Напряжения в обсыпных шпальных устоях при нагрузке декаподом и американскими полувагонами.

Пролет ферм мет.	Давление на устой от декапода тон.	Тип устоя № рис. на лис. 65	Высота устоя саж.	Вес клетки тон.	Напряжение в шпалах на смятие ⊥ волокон к/см.²		Давление на грунт к/см.²
					Вверху	Внизу	
5	36,74	1	1,0	4,3	5.0	7,5	0,5
		2	1,65	17,2	3,3	6,5	0,9
		3	1,5	12,2	3,0	4,5	0,7
		4	2,5	26,0	4,4	3.1	0,5
10	58,87	1	1,0	4,3	8,2	10,7	0,7
		2	1,65	17,2	5,4	9.2	0,8
		3	1,5	12,2	5,0	6,6	1,1
		4	2,5	26,0	7,1	4,3	0,7
15	75,81	1	1,0	4.3	10,4	14,6	1,0
		2	1,65	17,2	6,8	11,2	1,5
		3	1,5	12.2	6,1	8,1	1,3
		4	2,5	26,0	9,2	5,1	0,8
20	92,61	1	1,0	4 3	13 2	17,6	1,2
		2	1,65	17,2	8,7	13,2	1,2
		3	1,5	12,2	7.7	9,6	1,5
		4	2,5	26,0	11,6	5,9	1,0
25	108,93	1	1,0	4,3	15,1	20,5	1,3
		2	1,65	17,2	9.8	15,2	1,4
		3	1,5	12,2	8,7	11,7	1,8
		4	2,5	26,0	13,2	6,8	1,1

Ступенчатые устои. Такой устой высотою 2,5 саж. для железного пролетного строения отверстием 5 саж. изображен на рис. 2 лис. 66. Основная клетка состоит из двух клеток квадратного сечения, сдвинутых вместе с укладкою шпал в нахлестку. Дубовый тройной мауерлат, служащий опорою для ферм, уложен по середине клетки, с тем чтобы нагрузка передавалась клетке центрально и давление на грунт распределялось равномерно. Благодаря этому отверстие моста уменьшилось на 1 саж. Во всех поперечных рядах под мауерлатом уложена дополнительная шпала. Клетка опущена в грунт на глубину 0,3 саж. и заложена на каменной наброске толщиною 0,1 саж. В тех местах клетки, которые подвержены горизонтальному напору земли, шпалы надо укрепить от сдвига по ниже лежащим шпалам, забивая для этой цели костыли. Другой ступенчатый устой с двух'ярусною клеткою высотою 2,5 саж. изображен на рис. 5 лис. 65. В нижнем ярусе клетка имеет квадратное сечение в $1^1/_2 \times 1^1/_2$ шпалы, а в верхнем ярусе—прямоугольное сечение в $1 \times 1^1/_2$ шпалы. Трех'ярусный ступенчатый устой высотою 10 м. изображен на рис. 1 лис. 66. Длина устоя по верху = 13,3 м. Ширина устоя в верхнем ярусе = 4,8 м., в среднем ярусе—7,4 м. и в нижнем ярусе—10 м. Углы устоя обжаты вертикальными сжимами. Во всех горизонтальных рядах наибольшее количество шпал сосредоточено под концами ферм.

Раздельные устои (рис. 3 и 4 на лис. 66). Бык такого устоя, располагаемый у нижней бровки конуса, представляет отдельную клетку такого-же устройства, как в промежуточных быках. Клетка, находящаяся на верхней бровке конуса, состоит из 6—7 рядов шпал. Пролет между этой клеткой и быком перекрывается деревянными балочными прогонами, рельсовыми пакетами или железными прокатными балками. В устое, показанном на рис. 3 лис. 66, 3 саж. береговой пролет перекрыт двух'ярусными рельсовыми пакетами, а в другом устое на рис. 4 лис. 66, при пролете в 2,4 саж., применены пакеты из рельс, расположенных в одном уровне с путевыми рельсами. На рис. 5 лис. 66 изображена деталь верха быка, на который с одной стороны опираются железные фермы, а с другой стороны—трех'ярусные деревянные прогоны. Так как фермы выше прогонов, а мауерлаты тех и других уложены на одном уровне, то под концы деревянных прогонов подведены подбалки. Если мауерлаты деревянных прогонов уложить в двух ярусах, можно обойтись без подбалок. На рис. 6 лис. 66 показана еще одна разновидность раздельных устоев. Береговым быком служит ряж толщиною 0,9 саж., поставленный на каменной наброске, а пролет между этим быком и насыпью заполнен шпальною клеткою.

ГЛАВА ~~XVII~~.

УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ.

§ 96. Укрепление откосов дерном, фашинами и камнем.

Укрепления дерном и фашинами слабее каменных и применяются только в тех случаях, когда доставка камня слишком затруднительна.

I. **Укрепление откосов дерном** (лис. 68). Дернины режутся прямоугольной формы длиною $1^1/_2$ фут., шириною 1 фут. и толщиною 3 дм. Дернины укладываются плашмя или в стенку по одному из нижеуказанных способов и прибиваются деревянными спицами длиною 0,1 до 0,15 саж.

а) Укладка дернин в клетку (рис. 1 на лис. 68). Квадратные клетки размером 0,6 × 0,6 саж. после дерновки засыпаются растительною землею и засеваются. Для укрепления одной квадр. саж дерном в клетку, требуется 16,7 дернин, 70 спиц, 0,035 куб. саж. растительной земли и следующее количество рабочих дней: 0,02 дернокладчиков, 0,338 рабочих, землекопов и тачечников и 0,05 конных подвод.

б) Укладка дернин плашмя (рис. 2 на лис. 68), т. е. сплошным слоем. Такое укрепление применяется только при слабом течении со скоростью не более 2 фут. в секунду. Для укрепления таким способом одной квадр. саж. откоса требуется 35 дернин, 140 спиц и следующее количество рабочих дней: 0,15 дернокладчиков, 0,382 рабочих и 0,10 конных подвод.

в) Укладка дернин в стенку горизонтальными рядами (рис. 3 на лис. 68) применяется при скорости течения до 5 фут. в сек. Для укрепления таким способом одной квадр. саж. откоса требуется: 205 дернин и 410 спиц дл. 0,1 саж. и следующее количество рабочих дней: 0,60 дернокладчиков, 1,41 рабочих и 0,59 конных подвод.

§ 104, 106, 107, 108, 109,

г) Укладка дернин в стенку наклонными рядами (рис. 4 на лис. 68) применяется при скорости течения до 5 фут. в сек.

II. **Укрепление откосов фашинами и хворостом** производится по следующим способам.

α) Укрепление хворостом и фашинами (рис. 5 на лис. 68). Откос покрывается слоем хвороста толщиною в 0,12 саж., хворост укрепляется фашинами (прутяными канатами), которые укладываются на расстоянии в 0,5 саж. одна от другой и прибиваются кольями длиною 0,6 саж. из свежей ивы. Фашины имеют диам. 5 дм., длину 2 саж. и перевязываются через каждые 8 дм. Такое укрепление откосов можно применять при скорости течения до 7 фут. в секунду. Для укрепления таким способом одной квадр. саж. откоса требуется: 0,16 куб. саж. хвороста, 3,6 пог. саж. дрючков из свежей ивы толщиною 2 вер. и 0,54 рабочих дней.

β) Укрепление фашинами в расстилку (рис. 6 на лис. 68). Вдоль откоса укладывается сплошной настил из фашин, которые через каждые 0,5 саж. закрепляются прутяными канатами, прибиваемыми кольями через каждые 0,3 саж. Однокомельные фашины толщиною 1 фут. в комле имеют по две перевязки. Прутяной канат диам. 5 дм. имеет перевязки через каждые 8 дм. Колья имеют толщину $2^1/_2$ дм. и длину 0,4 саж. Для укрепления таким способом одной квадр. саж. откоса требуется: 0,15 куб. саж. хвороста, 1,6 пог. саж. кольев и 0,59 рабочих дней.

φ) Укрепление фашинами в тычек (рис. 7 на лис. 68) применяется при скорости течения до 10 фут. в секунду.

Для фашин лучше всего употреблять ивовые породы хвороста. Если укрэпляемые откосы заливаемы, для укрепления фашин полезно применять живые ивовые колья. Чтобы не повредить коры, которая дает ростки, живые колья вставляются в дыры, предварительно пробитые ломом на глубину 0,25 саж. Эти колья должны возвышаться над укреплением на 0,10 саж.

III. **Укрепление откосов камнем** производится следующими способами:

1) Одиночная мостовая на мху или навозе (рис. 1 на лис. 69) применяется при скорости течения до 7 фут. в сек. Для укрепления одной квадр. саж. откоса одиночною мостовою толщиною 0,08 саж. требуется: 0,09 куб. саж. булыжного камня, 0,07 куб. саж. мху или навоза и 0,7 дней мостовщиков.

2) Двойная мостовая на мху или навозе (рис. 2 на лис. 69) применяется при скорости течения до 10 фут. в секунду. Для укрепления одной квадр. саж. откоса двойною мостовою толщиною 0,20 саж. требуется: 0,18 куб. саж. булыжного камня, 0,14 куб. саж. мху или навоза и 0,9 дней мостовщиков.

3) Одиночная мостовая на мху или навозе в плетневых клетках (рис. 3 на лис. 69) применяется при скорости течения до 12 фут. в секунду. При высоте плетневого забора в 0,11 саж., размере клеток 0,5 × 0,5 саж. и толщине мостовой в 0,1 саж. на одну квадр. саж. откоса требуется: 11,2 пог. саж. 2 вер. кольев длиною 0,44 саж., 0,09 куб. саж. хвороста, 0,10 куб. саж. булыжного камня, 0,07 куб. саж. мху или навоза, 0,06 дней рабочих и 0,7 дней мостовщиков.

4) Двойная мостовая на мху или навозе в плетневых клетках (рис. 4 на лис. 69) применяется при скорости течения до 14 фут. в сек. При высоте плетневого забора в 0,2 саж., размере клеток 0,5×0,5 саж. и толщине мостовой в 0,18 саж. на одну квадр. саж. откоса требуется: 18,5 пог. саж. 2 вер. кольев длиною 0,66 саж., 0,16 куб. саж. хвороста, 0,18 куб. саж. камня булыжного, 0,14 куб. саж. мху или навоза, 0,11 дней рабочих и 0,9 дней мостовщиков.

5) Каменная отсыпь для укрепления подошвы откоса бывает двух типов: a) отсыпь трапецоидального сечения с одиночными откосами, врезанная в откос (рис. 5 на лис. 69) или b) наброска на подводной части откоса согласно рис. 6 на лис. 69.

ГЛАВА XVIII.

ДЕРЕВЯННЫЕ ЛЕДОРЕЗЫ.

§ 97. Меры борьбы с ледоходом.

Для мостов ледоход представляет большую опасность в виду возможности образования перед мостом ледяного затора, под действием которого мост может быть снесен или фундаменты опор могут быть подмыты. Эта опасность тем больше, чем меньше пролеты моста; поэтому при постройке мостов через реки с сильным ледоходом пролеты мостов надо назначать как можно больше. Если устройство больших пролетов невозможно, приходится ежегодно вести борьбу с ледоходом. Меры, применяемые для борьбы с ледоходом, зависят от силы ледохода, т. е. от размера льдин и скорости их передвижения; при этом надо различать весенний и осенний ледоход. По своей силе, т. е. по толщине льда, осенний ледоход значительно уступает весеннему; несмотря на это, он представляет большую опасность для свайных опор, так как он стирает сваи на одном и том-же уровне, и в случае продолжительного ледохода может даже перерезать сваи. Это об'ясняется тем, что осенний ледоход обыкновенно проходит без колебаний его уровня, между тем как весенний ледоход чаще всего сопровождается повышением горизонта воды в реке. На фиг. 655 показан кусок 6 верш. сваи из подмостей моста через Вятку, стоявших во время осеннего ледохода 1905 года, который продолжался не более полутора суток.

Фиг. 655.

Борьба с весенним ледоходом сводится к дроблению больших льдин, к ограждению опор моста от ударов льдин и к направлению льдин в пролеты моста, во избежание задержки льда перед мостом. Дробление льдин производится ледорезами, или специальными командами на лодках, работающими баграми с железным наконечником. Для отклонения и на-

правления льдин в пролеты моста, служат деревянные оградительные стенки (дамбы). На малых реках с очень слабым ледоходом можно ограничиться обшивкою свай кровельным железом в пределах колебания горизонтов ледохода.

При постройке подмостей или временных мостов, подлежащих разборке до весеннего ледохода, для борьбы с осенним ледоходом принимают следующие меры. 1) В пределах колебания горизонтов ледохода наружные сваи опоры, каждая в отдельности, обшиваются кровельным железом или же вся опора обшивается горизонтальными досками или пластинами. 2) Впереди каждой опоры моста забивают по одному кусту из нескольких свай и, чтобы повысить устойчивость куста, распирают его в сваи опоры. В пределах колебания уровня ледохода кусты обшиваются кровельным железом. Для направления льда в пролеты моста, можно пользоваться заплывями (плавающими бревнами) в количестве двух на каждый бык, прикрепляя их к кусту свай так, чтобы одно бревно направлялось к одному углу быка, а второе бревно—к другому углу.

В борьбе с весенним ледоходом надо различать два периода, а именно борьбу до первой подвижки льда и затем борьбу с наступившим ледоходом. В периоде до подвижки льда необходимо производить околку деревянных частей опор от льда, дабы оградить опоры от сильного натиска льда при первой подвижке сплошного ледяного поля, находящегося впереди моста. Околка должна производиться вокруг быков на ширину от 1 до 3 саж., в зависимости от толщины и крепости льда. Очень полезной мерой до первой подвижки льда является разрезка ледяного поля впереди моста на несколько участков и образование выше моста свободного от льда канала, по которому без задержки могла бы направляться часть льдин. В случае большой толщины льда, последние две работы удобнее всего производить при помощи подрывных команд, действующих порохом или пироксилиновыми шашками. Если ниже моста имеются полыньи, весьма полезно выпустить в эти полыньи часть льда, прорубив для этой цели несколько каналов.

Борьба с начавшимся ледоходом сводится к тому, чтобы предупредить накопление и нагромождение льда в отдельных пролетах, отчего может образоваться ледяной затор впереди моста или подмыв мостовых опор. Для наблюдения за ледоходом, для пропуска льда под мостом и для расколки крупных льдин, необходимо учредить несколько вахтенных постов на больших лодках (дубах) в составе 6 до 8 человек на каждой, снабдив их баграми и пешнями для расколки льда. Если ожидается сильный ледоход, то на расстоянии одной до двух верст выше моста полезно поставить подрывную команду с пироксилиновыми шашками или другими взрывчатыми средствами, поручив ей раздробление крупных льдин еще задолго до их подхода к мосту. Это раздробление особенно необходимо при большой толщине льда и при раннем ледоходе, когда весеннее солнце еще не успело разрыхлить лед.

§ 98. Расположение ледорезов, их основные размеры и типы.

Ледорезы располагаются перед каждым быком моста так, чтобы ось ледореза совпадала с осью быка. Чтобы оградить быки моста от ударов

льдин, ледорезы не следует связывать с быками, а располагать их отдельно, на некотором расстоянии от быков. Льдины, поднимаясь на нож ледореза, ломаются и после падения в воду временно останавливаются, затем, увлекаемые течением, оне постепенно приобретают опять утерянную скорость. Если ледорез поставить слишком близко от быка, лед не успеет приобрести утерянной скорости и правильное движение льда не успеет установиться до его прохода под мостом. Вследствие этого может произойти скопление льда впереди моста. С другой стороны, если ледорез поставить слишком далеко от опоры, ледяная масса будет поступать в пролеты моста не в том сжатом виде, как она проходила между ледорезами, и отдельные льдины, отклоняясь в сторону, будут ударяться в опоры моста. В этом случае ледорезы не будут служить надежною защитою для быков. По вопросу о величине расстояния между ледорезами и быками мнения расходятся. Это расстояние колеблется от 1 до 6 саж., считая в свету между ледорезом и быком. При его назначении следует руководствоваться силою ледохода, соотношением между величиною пролетов моста и толщиною ледорезов и другими обстоятельствами.

В случае постройки моста с небольшими пролетами через реку с сильным ледоходом, очень часто не ограничиваются одним рядом ледорезов, поставленных непосредственно впереди быков моста, и, чтобы большие льдины раздробить до их подхода к этим ледорезам, ставят впереди, на расстоянии около 20 саж., еще один, а иногда даже два ряда ледорезов, называемых аванпостными. Эти ледорезы располагаются не перед каждым быком моста, а на взаимном расстоянии в два и более пролетов моста, смотря по силе ледохода. Аванпостные ледорезы принимают на себя наиболее сильные удары льдин; поэтому по размерам и конструкции они должны быть солиднее, чем сзади стоящие ледорезы и всегда исполняются шатрового типа.

Подводные связи. Если глубина воды больше 1 до 1,5 саж., считая от межени, то сваи ледореза необходимо соединять между собою подводными связями по направлению ледохода. Такие связи устраиваются в виде сжатых подкосов из бревен или в виде вытянутых тяжей из круглого железа. Подводные подкосы или подкосные рамы представляют самое действительное средство для увеличения сопротивления свай во время ледохода. Один подводный подкос, поставленный по направлению течения, может заменить 10 до 15 свай. Детали устройства подводных подкосов показаны на листах 38, 40, 73 и 74 атласа. Подводные тяжи из круглого железа, диам. около 25 мм., менее действительны чем подкосы. Устройство таких тяжей показано на лис. 40 и 78 атласа.

Если нельзя устроить подводных связей между сваями, устраивают вокруг свай каменную наброску. При этом уменьшается свободная длина свай под водою, вследствие чего увеличивается их сопротивление изгибу под натиском льда. Однако каменная наброска обходится до 5 раз дороже подводных связей и неудобна тем, что в случае удаления ледореза уборка камня со дна реки является кропотливой и дорогой задачей.

Основные размеры ледорезов. Размеры ледореза зависят от силы ледохода, от глубины воды и от толщины быка, защищаемого ледорезом. Тол-

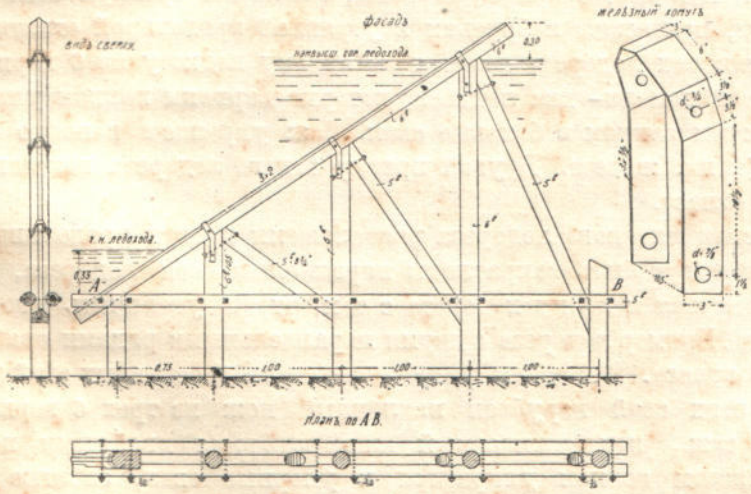
щина ледореза на уровне самого высокого ледохода должна быть не менее толщины быка, находящагося под защитою ледореза. Чем больше толщина и число ледорезов, тем больше стесняется проход льда под мостом. Во избежание слишком большого стеснения, при котором льдины должны нагромождаться одна на другую, толщину ледорезов следует назначать в зависимости от величины мостовых пролетов. Верх ледорезного ножа должен возвышаться над наивысшим горизонтом ледохода на 0,4 до 0,8 саж., смотря по скорости ледохода. Низ ножа должен быть на 0,3 до 0,5 саж. ниже самого низкого горизонта ледохода, в зависимости от толщины льдин. Уклон ножа делается от одиночного до двойного, чаще всего—полуторный.

Типы ледорезов. Ледорезы бывают свайного и ряжевого типа. Чаще всего строятся свайные ледорезы, которые бывают плоского и шатрового типа. Плоские ледорезы применяются для ограждения одиночных быков в случае слабого ледохода. Если быки двойные (толщиною в 0,5 до 1,5 саж.), то ставят шатровые ледорезы. Сваи ледорезов забиваются на такую-же глубину, как сваи опор и не менее 1,5 саж., считая от уровня подмыва.

§ 99. Плоские свайные ледорезы.

Плоские ледорезы применяются для ограждения тонких одиночных быков на реках со слабым ледоходом, так как боковая устойчивость таких ледорезов незначительна. Плоские ледорезы строятся с одним, двумя или тремя продольными рядами свай. Сваи покрываются одним или несколькими наклонными бревнами, образующими нож ледореза.

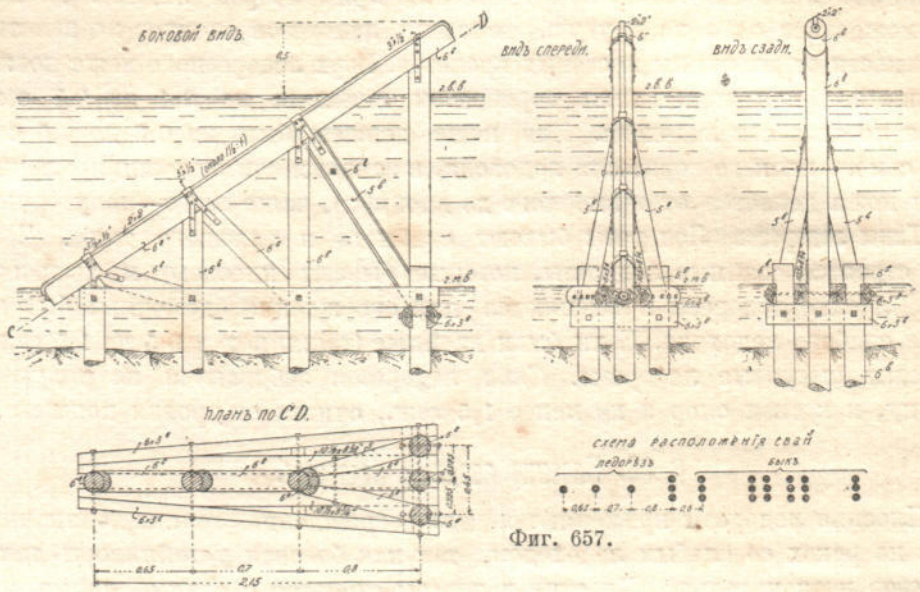
На фиг. 656 показан ледорез с одним рядом из 5 свай диам. 6 верш.



Фиг. 656.

На сваи нарублен нож из 5 верш. бревна с полуторным уклоном. На 0,35 саж. ниже горизонта низкого ледохода, сваи обжаты парною горизонтальною схваткою из 5 верш. бревен. Три точки ножа поддерживаются подкосами из 5 верш. бревен. Кроме шипов, нож прикреплен к сваям тремя хомутами из полосового железа $3 \times 1/2$ дм. Число свай, входящих в состав ледореза, изменяется в зависимости от разности между высшим и

низшим горизонтами ледохода. Чтобы увеличить боковую устойчивость одиночного ледореза, можно сделать последнюю сваю тройною с двумя продольными зазорами, как на фиг. 657. Этот ледорез имеет всего 6 свай.



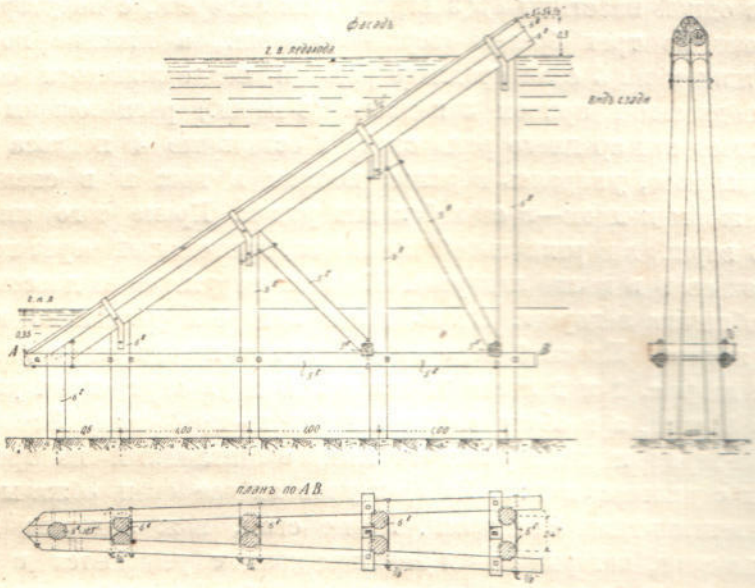
Фиг. 657.

Нож нарублен на головы четырех свай продольного ряда. На меженнем горизонте эти сваи обжаты двумя горизонтальными брусьями $10^1/_2 \times 8^3/_4$ дм. На этом же уровне имеется еще одна продольная схватка из двух пластин 6×3 верш., которые, с правой стороны, обжимают тройную сваю, а, с левой стороны, притесаны к брусьям внутренней продольной схватки. В первых двух панелях ледореза имеется по одному подкосу из 6 верш. бревен, а в последней панели--два подкоса, которые верхним концом упираются в нож, а нижним концом в боковые сваи. Нож укреплен полосою из квадратного 2×2 дм. железа. Другой пример такого ледореза показан на рис. 5 листа 71 атласа.

Если сваи плоского ледореза расположены в двух продольных рядах, то эти ряды могут быть направлены параллельно оси ледореза, или они могут расходиться к концу ледореза с тем, чтобы увеличить его боковую устойчивость. Пример ледореза с двумя параллельными рядами свай показан на листе 70 атласа. В каждом ряду имеется по 5 основных свай (6 верш.); на головы этих свай нарублен наклонный нож из трех 6 верш. бревен длиною 3,5 саж., поддерживаемый еще четырьмя двойными подкосами, которые нижним концом упираются в упорные сваи, забитые рядом с основными. Все сваи и нижние концы подкосов обжаты тройною горизонтальною схваткою из 5 верш. бревен. Такая же схватка имеется на 0,7 саж. выше уровня низких вод, а на горизонте высокого ледохода устроена одиночная горизонтальная схватка, пропущенная в зазор между сваями. Ледорез обшит горизонтальными $2^1/_2$ дм. досками.

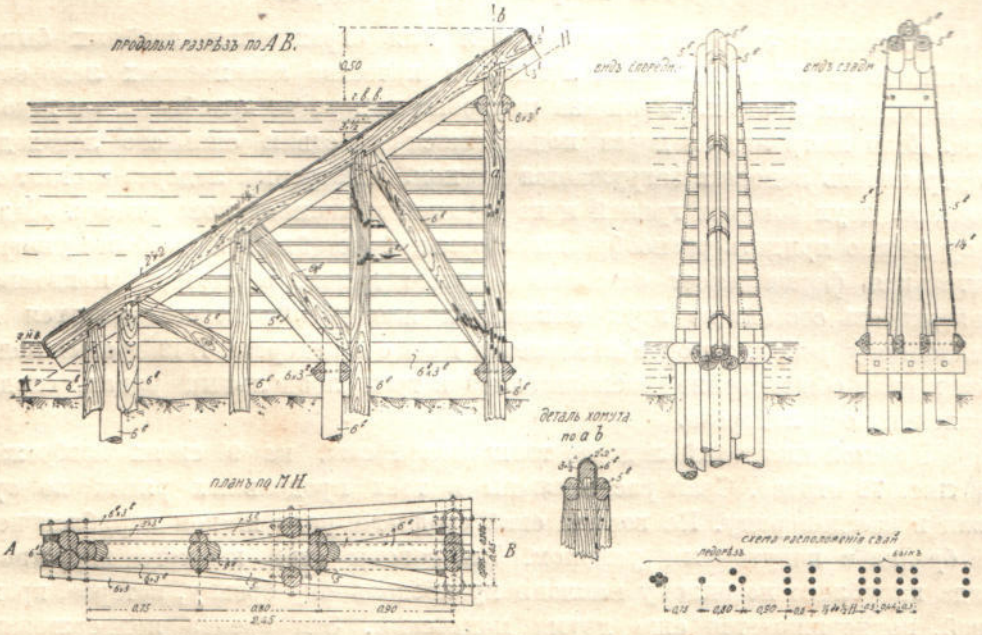
На фиг. 658 показан ледорез с двумя расходящимися рядами свай. В каждом продольном ряду имеется 4 сваи (6 верш.), а первая свая— общая для обоих рядов. Последняя и предпоследняя пары свай забиты

наклонно, так чтобы их головы соприкасались между собою. На головы всех 9 свай нарублен нож с полуторным уклоном, состоящий из трех бревен (6 верш.) и укрепленный к сваям железными хомутами ($3 \times 1/2$ дм.).



Фиг. 658.

Внизу все сваи обжаты продольною парною схваткою из 5 верш. бревен. Одиночные подкосы из 5 верш. бревен упираются нижним концом в брус-



Фиг. 659.

ковые поперечные подушки, врубленные в сваи и в продольную парную схватку. Плоский ледорез с тремя продольными рядами свай показан на фиг. 659. Из 11 свай ледореза 5 свай расположены в среднем ряду и по 3 сваи в боковых рядах. До верху, т. е. до ножа, пропущены сваи только

среднего ряда, а сваи боковых рядов обрезаны на уровне низких вод. На этом уровне, сваи среднего ряда обжаты продольною схваткою из двух пластин 6×3 верш., а к каждому боковому ряду прикреплена наружная схватка из одной пластины 6×3 верш. Нож ледореза, с полуторным уклоном, состоит из трех бревен (верхнее 6 верш., а нижние по 5 верш.), нарублен шипом на 5 свай среднего ряда и поддерживается семью одиночными подкосами, причем 3 подкоса (6 верш.) расположены в вертикальной плоскости среднего ряда свай, а остальные 4 подкоса (5 верш) расположены косо, упираясь верхним концом в нож и в сваи среднего ряда, а нижним концом—в сваи боковых рядов. Кроме того имеется два подкоса (5 верш.) в вертикальной плоскости, проходящей через поперечный ряд из трех свай в конце ледореза. Ко всем наружным подкосам пришита досчатая обшивка ледореза. Вдоль ножа ледореза укреплено квадратное 2×2 дм. железо. Плоский ледорез с четырьмя продольными рядами свай изображен на рис. 1 и 2 листа 71 атласа. В двух внутренних рядах помещается по 8 свай, а в обоих наружных рядах—по 4 сваи. Все сваи пропущены до верху и поддерживают нож, составленный из трех бревен, уложенных с уклоном в 1 : 2. На трех уровнях все сваи обжаты продольными горизонтальными схватками. Кроме свай, нож ледореза поддерживается подкосами, которые своим верхним концом упираются в подушку, врубленную в нож, а нижним концом в подбабки, укрепленные на сваях наружных рядов.

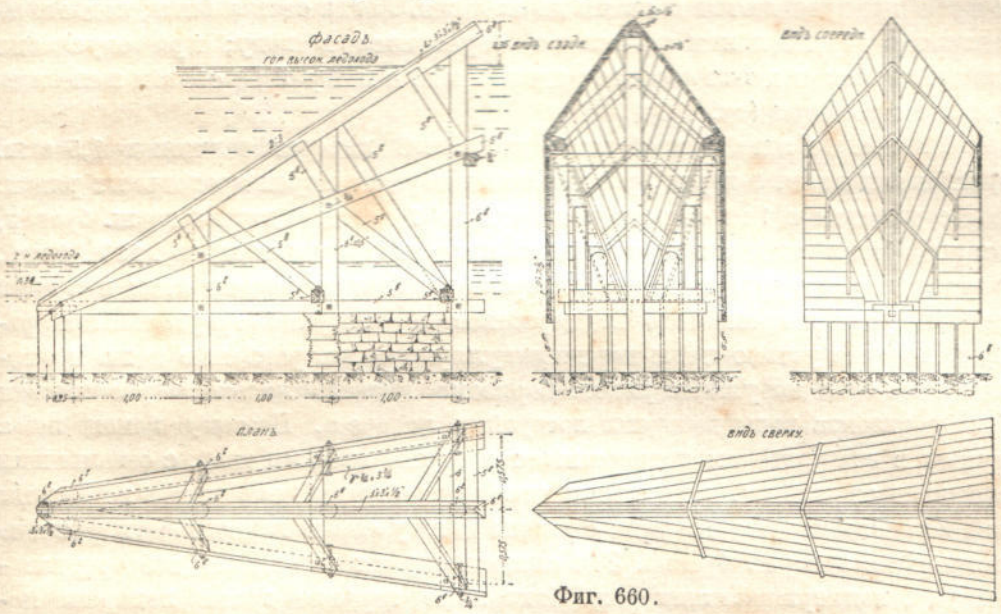
§ 100. Шатровые свайные ледорезы.

Шатровые ледорезы применяются для ограждения двойных быков толщиною от 0,5 до 1,5 саж., а также в качестве аванпостных ледорезов на передовых линиях. Толщина шатровых ледорезов колеблется от 1 до 4 саж. Если шатровый ледорез подвергается действию сильного ледохода, внутренность ледореза загружается камнем. Шатровый ледорез состоит из носа, из двух боковых граней и из верхней наклонной поверхности. Ледорезу можно придать разнообразные формы; простейшая и наиболее употребительная форма имеет отвесные боковые грани, а верхняя наклонная поверхность состоит из двух наклонных плоскостей, пересекающихся по наклонному ребру, которое называется ножем ледореза. В шатровых ледорезах сваи обыкновенно располагаются в трех продольных рядах, сходящихся к носу ледореза.

Простой шатровый ледорез толщиною 1 саж. на 9 сваях изображен на лис. 72 атласа. Сваи расположены в трех продольных рядах по три сваи в каждом ряду. На головы свай среднего ряда шипом нарублен нож из бревна с полуторным уклоном. На головы свай каждого наружного ряда нарублено по одному наклонному продольному бревну, которое, кроме свай, поддерживается еще двумя подкосами. Эти бревна поддерживают 4 пары стропильных ног, которые своим верхним концом врублены в бревно, образующее нож. По этим стропилам сделана продольная обшивка из досок. Такая-же обшивка сделана в боковых вертикальных гранях. Сваи каждого наружного ряда связаны между собою нижнею горизонтальною схваткою, и немного выше еще двумя такими-же короткими схватками.

Сваи среднего ряда связаны между собою крестом из диагональных схваток. В поперечном направлении сваи связаны между собою целым рядом схваток.

Фиг. 660 изображает шатровый ледорез толщиною 1,15 саж. на 13 сваях, расположенных в трех продольных рядах. На головы свай среднего



Фиг. 660.

ряда нарублен нож с полуторным уклоном (из 6 верш. бруса), укрепленный сверху продольным уголком $3 \times 3 \times {}^1/_2$ дм. На головы свай каждого наружного ряда нарублено по одному наклонному продольному брусу из 5 верш. леса. Эти брусья поддерживают три пары стропильных ног, которые врезаны в нож ледореза и сверху обшиты 2 дм. продольными досками. Такими-же досками зашиты сваи наружных рядов. Сваи каждого наружного ряда связаны между собою нижнею продольною схваткою из бруса $8^3/_4 \times 8^3/_4$ дм. В вертикальной плоскости свай среднего ряда имеется два подкоса, которые нижним концом упираются в поперечные схватки. Кроме того, в последней панели наружных рядов свай поставлено по одному подкосу из 5 верш. бревна.

На лис. 73 атласа изображен шатровый ледорез толщиною 1,25 саж. на 15 сваях, размещенных в трех продольных рядах по 5 свай в каждом. Нож имеет уклон в 1 : 2 и состоит из 7 верш. бревна, нарубленнаго на головы пяти свай среднего ряда. Нож укреплен рельсом, пришитым костылями. На головы свай каждого наружного ряда нарублена наклонная насадка из 7 верш. бревна. В эти насадки и в нож ледореза врублены 4 пары стропильных ног из 6 верш. бревен, зашитых продольными $2^1/_2$ дм. досками. Такая же обшивка сделана в боковых вертикальных гранях ледореза. Сваи каждого наружного ряда связаны в неизменяемую систему посредством продольной горизонтальной схватки из двух 6 верш. пластин и трех 6 верш. подкосов. Сваи среднего ряда связаны между собою тремя 6 верш. подкосами, которые верхним концом врезаны в нож, а нижним концом—в поперечные схватки. В каждом поперечном ряду свай имеется

по две парных поперечных схватки, из которых верхняя находится под наклонною насадкою наружных свай, а нижняя—на продольной схватке *AB*. В виду большой глубины воды сваи укреплены подводными подкосами из 6 верш. бревен. Верхним концом подкосы упираются в поперечные схватки из 6 верш. бревен, а нижним концом—в подбабки на зубьях, которые прикрепляются к сваям до забивки. Когда сваи забиты, подводные подкосы в вертикальном положении опускаются в воду; при опускании нижний конец подкоса скользит вдоль сваи, с которой он связан железным овальным кольцом (см. § 78).

На лис. 74 атласа изображен шатровый ледорез толщиною 1,5 саж. на 22 сваях диам. 6 верш., размещенных парами в трех продольных рядах. Нож с уклоном в 1 : 2 составлен из одного 7 верш. и двух 6 верш. бревен, которые обшиты железом и укреплены продольным уголком 100 . 100 . 9 мм., привинченным шурупами. Нож ледореза врублен в головы пяти пар свай среднего ряда и кроме того поддерживается четырьмя треугольными рамами, которые установлены перпендикулярно к направлению ножа и опираются на сваи наружных рядов. Горизонт низкого ледохода расположен ниже горизонта воды во время постройки ледореза. Поэтому конец ножа опущен в воду, где он поддерживается двумя кустами свай, с остальными сваями не связанных, в виду затруднительности работы под водою. Головы свай каждого наружного ряда связаны между собою наклонною, наружною схваткою из 6 верш. бревна. Эти схватки служат основанием для треугольных рам, поддерживающих нож. Наклонные верхние грани ледореза покрыты пластинами, пришитыми к треугольным рамам. Вертикальные боковые грани обшиты горизонтальными пластинами, для пришивки которых с каждой стороны ледореза к наружным сваям приставлено по 5 стоек диам. 5 верш. Сваи каждого наружного ряда связаны в неизменяемую систему посредством продольной горизонтальной схватки, расположенной на уровне рабочего горизонта воды, и четырех подкосов диам. 5 верш., врубленных в поперечные схватки. Парные сваи среднего ряда связаны между собою четырьмя подкосами диам. 6 верш., которые верхним концом врезаны в нож, а нижним концом—в поперечные схватки. В поперечном направлении сваи связаны между собою целым рядом поперечных схваток из 5 верш. бревен. В виду большой глубины воды, сваи укреплены тремя подводными рамами. Каждая рама состоит из двух подкосов диам. 6 вер., связанных между собою верхнею и нижнею 6 верш. насадкою. Верхняя насадка упирается в продольные горизонтальные схватки, а нижняя насадка—в зубчатые подбабки, которые прикрепляются к сваям до забивки. Когда сваи забиты, подводные рамы в вертикальном положении опускаются в воду до тех пор, пока нижняя насадка станет на подбабки; после этого раме придают наклонное положение.

На лис. 75 атласа изображен шатровый ледорез толщиною 2 саж. на 36 сваях, расположенных в трех продольных рядах. В каждом ряду забито по 7 свай, не считая 6 носовых свай. Рядом с тремя последними сваями каждого ряда, забиты упорные сваи. Они срезаны на уровне меженнего горизонта и служат для поддержания поперечных схваток, которые воспринимают давление подкосов, поставленных как в среднем, так и в

наружных продольных рядах свай. По конструкции этот ледорез имеет много общего с ледорезом, изображенным на лис. 76 атласа; поэтому отсылаем к его описанию, приведенному ниже.

На лис. 76 и 71 атласа изображен шатровый ледорез толщиною 2,25 саж. на 37 сваях. Ледорез построен на сухой пойме. Сваи ледореза размещены в трех продольных рядах. В среднем ряду поставлено 5 парных свай, не считая шести головных свай; все сваи среднего ряда доведены до ножа и на уровне земли обжаты парною горизонтальною схваткою из двух 6 верш. бревен. В каждом боковом ряду поставлено по 5 одиночных свай, которые доведены до наклонной продольной схватки, обжимающей концы этих свай; кроме того на уровне земли сваи боковых рядов обжаты горизонтальною схваткою из 6 верш. бревен. В трех последних поперечных рядах свай, рядом с основными сваями, забиты упорные сваи, которые срезаны на уровне земли и поддерживают поперечные схватки из 6 верш. бревна. В поперечном направлении сваи каждого ряда связаны тремя поперечными 6 верш. схватками, из которых нижняя уложена на упорных сваях, а остальные две обжимают наклонные продольные схватки. Сваи приведены в неизменяемую систему при помощи подкосов. В вертикальной плоскости среднего ряда свай поставлено 4 парных подкоса, которые верхним концом упираются в нож и в сваи при помощи подушки, а нижним концом—в поперечные схватки, лежащие на упорных сваях. В вертикальной плоскости каждого бокового ряда свай поставлено по три одиночных подкоса, которые своими концами упираются в поперечные схватки, причем нижние схватки уложены на упорных сваях. Нож ледореза, уложенный с уклоном 1 : 2, составлен из двух 7 верш. бревен и сверху врезанного в них бруса квадратного сечения 23 $\times$ 23 см. Оба бревна и брус ножа стянуты между собою болтами в трех направлениях. Нож обшит листовым железом толщиною 3 мм., а острие ножа укреплено железным уголком 150 . 150 . 15 мм., привинченным шурупами. При помощи шипов нож нарублен на парные сваи среднего ряда (рис. 4) и в тех же местах поддерживается подкосами среднего ряда свай. Кроме того нож поддерживается 4-мя треугольными рамами, которые установлены перпендикулярно к направлению ножа и опираются на сваи обоих боковых рядов. Каждая треугольная рама составлена из двух наклонных брусьев $8^1/_2 \times 8^1/_2$ дм. и нижней поперечной схватки из 6 верш. бревна, которая опирается на наклонные продольные схватки, обжимающие верхние концы свай обоих боковых рядов. Наклонные верхние грани ледореза обшиты $2^1/_2$ дм. продольными досками. Доски пришиты к вышеуказанным треугольным рамам и еще к четырем наклонным брусьям, которые нижним концом врублены в головы боковых свай (рис. 3 лис. 71), а верхним концом—в сваи среднего ряда (рис. 4 лис. 71). Описанная конструкция ледореза отличается удобством сборки и простотою сопряжений.

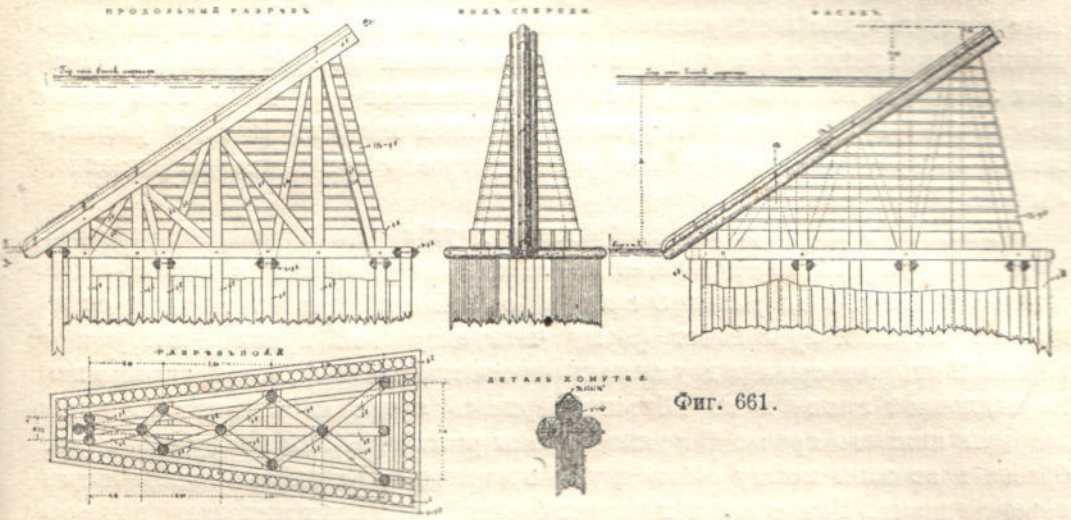
На лис. 77 атласа изображен шатровый ледорез толщиною 3 саж. на 36 сваях, расположенных в трех продольных рядах. В среднем ряду забито 7 пар свай, не считая пяти носовых свай. На головы этих свай нарублен нож ледореза. В продольном направлении сваи среднего ряда связаны между собою тройною схваткою на уровне рабочего горизонта воды.

В каждом боковом ряду поставлено по 7 одиночных свай, которые доведены до наклонной продольной схватки, обжимающей концы этих свай. На уровне рабочего горизонта воды эти сваи связаны между собою продольною горизонтальною схваткою из 6 верш. бревна. В поперечном направлении сваи связаны между собой схватками, расположенными на уровне рабочего горизонта воды и в плоскости наклонных продольных схваток боковых рядов свай. Сваи приведены в неизменяемую систему при помощи подкосов. В плоскости среднего ряда свай поставлено 5 подкосов, которые верхним концом врублены в нож, а нижним концом—в нижние поперечные схватки. В вертикальной плоскости каждого бокового ряда свай поставлено по 5 подкосов, которые своими концами врублены в поперечные схватки. Нож ледореза уложен с уклоном 1 : 2, и пропущен в воду, так как горизонт низкого ледохода расположен ниже рабочего горизонта воды. Нож составлен из двух 6 верш. и одного 7 верш. бревна и обшит листовым железом толщиною 3 мм., а острие ножа укреплено железным уголком 100 . 100 . 9 мм. При помощи шипов нож нарублен на сваи и подкосы среднего ряда. Кроме того, нож поддерживается шестью треугольными рамами, которые установлены перпендикулярно к направлению ножа и опираются на продольные наклонные схватки боковых рядов свай. К этим рамам пришиты 5 верш. пластины, служащие обшивкою верхних граней ледореза. Боковые грани ледореза имеют обшивку из таких же пластин, для пришивки которых к сваям прикреплены вертикальные обрубки из 5 верш. бревен.

На лис. 78 атласа изображен большой шатровый ледорез толщиною 4 саж. на 68 сваях, расположенных в восьми поперечных рядах, не считая носовых свай. Этот ледорез отличается тем, что отсутствуют вертикальные боковые грани. Нож имеет уклон 1 : 2 и составлен из трех бревен, нарубленных на головы свай среднего продольного ряда и притянутых к ним железными хомутами. Сваи обоих наружных продольных рядов доведены только до уровня носа ледореза (немного выше горизонта межен. вод) и там обжаты парными горизонтальными продольными схватками. На эти схватки и на нож нарублены 7 пар стропильных ног, которые кроме того поддерживаются промежуточными сваями. Эти стропила обшиты продольными пластинами. Сваи приведены в треугольную связь при помощи целого ряда подкосов. В виду большой глубины воды, сваи укреплены 34 подводными тяжами из круглого железа диам. 1 дм. При помощи особого крюка нижний конец тяжей прикреплялся к сваям до их забивки; по окончании забивки свай, верхний конец тяжей, снабженный нарезкою, пропускался через обрубки бревна, прикрепленные к сваям. Натяжение тяжей достигается подвинчиванием гаек. Полный вес всех 34 тяжей = 82 пуд.

В случае постройки ледореза на слабом грунте, при глубине воды более 2 саж. и при большой силе ледохода, вокруг ледореза полезно устраивать прочное заграждение в виде ряжевого ящика или шпунтового ряда, который со сваями ледореза соединяется посредством стоек, подкосов и схваток. На фиг. 661 показан такой ледорез с тремя продольными рядами свай, расположенных в шахматном порядке. Средний продольный ряд

имеет 6 свай (6 верш.), на которые нарублен нож ледореза с полуторным уклоном, состоящий из трех 6 верш. бревен и укрепленный сверху железным уголком $3 \times 3 \times {}^{3}/_{8}$ дм. Все сваи боковых рядов срезаны немного выше горизонта низких вод. Первая и последняя из этих свай поддерживают



Фиг. 661.

нож при помощи одного подкоса (5 верш.), а остальные сваи—при помощи двух подкосов (5 верш.). Кроме того, имеется 4 подкоса (6 верш.) в вертикальной плоскости среднего продольного ряда свай. На уровне низких вод, сваи каждого бокового ряда обжаты парною продольною схваткою из пластин, а также тремя поперечными парными схватками из пластин. Бока ледореза обшиты горизонтальными досками. Ледорез огражден шпунтовым рядом из круглых 6 верш. свай.

§ 101. Ряжевые ледорезы.

Ряжевые ледорезы применяются в тех случаях, когда не допускается забивки свай, например, если дно реки скалистое, или если грунт очень слабый и длина свай получается очень большая. Чаще всего ряжевые ледорезы соединяются с ряжевым быком в одно целое (см. § 91); но бывают случаи, когда ряжевые ледорезы устраиваются отдельно от быков. Простейшая форма ряжевых ледорезов—это клиновидная—согласно рис. 1 и 2 на лис. 79.

Ряж представляет из себя ящик с 4-мя отвесными стенками, верхняя часть которого срезана наклонно. Вместо ножа ледорез имеет наклонную плоскость с двойным уклоном, на которой укреплено пять продольных брусьев, усиленных рельсами. Ряж длиною 5,25 саж. и толщиною 3 саж. имеет три продольных и четыре поперечных перегородки. Несмотря на простоту формы, клиновидные ледорезы очень редко применяются для мостов, в виду нерациональности их прямоугольного очертания в плане, вызывающего наибольшее сжатие струй и наибольший размыв речного дна.

На рис. 3—5 лис. 79 изображен ряжевой ледорез, имеющий форму четырехгранной призмы, которая с верховой стороны срезана двумя наклонными плоскостями, пересекающимися по наклонной линии ножа. Задняя и боковые стенки—отвесные. Наружные стены, образующие в плане прямо-

угольник, длиною 7 саж. и шириною 2,6 саж. срублены в лапу из 4 верш. бревен и связаны между собою двумя продольными и шестью поперечными перегородками, образующими внутри ледореза 21 клетку. Количество сжимов, поставленных для скрепления стен, недостаточное; следовало бы увеличить число этих сжимов. На наклонном ребре боковых стен укреплены стропильные ноги, которые поддерживают нож ледореза и покрыты 4 верш. бревнами, направленными вдоль ножа. Нож составлен из трех бревен, усиленных железною полосою $3 \times {}^3/_8$ дм. и скрепленных хомутами. Ряж имеет дно из бревен и до верху загружен булыжным камнем. В виду расположения ледореза на косогоре, под ряжем устроено основание из каменной отсыпи.

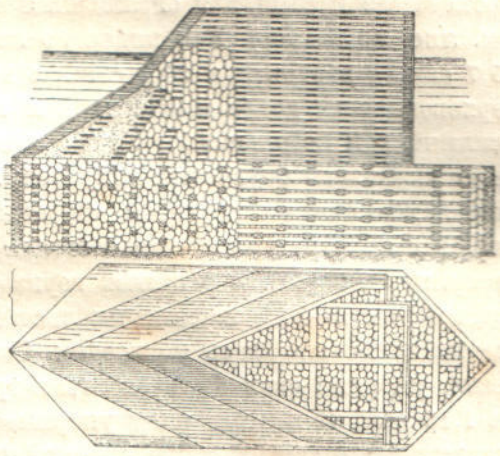
Рис. 1—5 на лис. 80 изображают двух'ярусный ряжевой ледорез. Нижний ярус ряжа представляет из себя прямоугольный в плане ящик длиною 7 саж. и шириною 3 саж. с отвесными стенами высотою около 1,5 саж. Верхний ярус имеет форму четырехгранной призмы, которая с верховой стороны срезана двумя наклонными плоскостями, пересекающимися по наклонной линии ножа. Ширина верхнего яруса на 0,5 саж. меньше ширины нижнего яруса. Наружные стены ряжа срублены в лапу из 4 верш. бревен и связаны между собою двумя продольными и шестью поперечными перегородками. Нож составлен из трех бревен, усиленных железною полосою и поддерживается стропильными ногами, укрепленными на наклонном ребре боковых стен. На этих стропилах уложен продольный настил из 4 верш. бревен.

На лис. 81 атласа изображен еще один двух'ярусный ряжевой ледорез Нижний ярус представляет заостренную с верховой стороны призму с отвесными стенами, между тем как ряж верхнего яруса с верховой стороны срезан двумя наклонными плоскостями, которые пересекаются по наклонной линии ножа. Отвесные стены ряжа, а также наклонные грани режущей части ледореза, срублены из 6 верш. бревен, отесанных на 4 канта. Так как брусья, образующие наклонные грани, имеют горизонтальные постели, они как бы сдвинуты один относительно другого; поэтому наклонные грани имеют ступенчатую поверхность. Эти грани обшиты толстыми железными листами, взятыми с поясов разрушенной фермы и пришитыми корабельными гвоздями. Нож ледореза покрыт угловым железом и двумя приклепанными к нему железными полосами толщиною около 10 м.м. Наружные стены ряжа связаны между собою тремя продольными перегородками, а в поперечном направлении поставлено большое количество тройных распорок; таким образом ряж разделен на большое число колодцев. Благодаря наклонному положению граней режущей части не удалось плотно заполнить камнем те колодцы, которые расположены в пределах режущей части ряжа; вследствие этого удары льдин не распределялись на большую площадь, а передавались отдельным бревнам, которые при этом ломались.

Рассмотрим еще ряжевый ледорез, изображенный на фиг. 662. Нижний ярус ледореза состоит из шестиугольного ряжа с отвесными стенками, заостренного с верховой и с низовой стороны. Ряж верхнего яруса имеет форму пятигранной призмы, которая с верховой стороны срезана наклонными.

плоскостями, пересекающимися по линии ножа. В верхней части нож имеет более крутой уклон, чем в нижней части. Наружные стены ряжа срублены в лапу и связаны между собою целым рядом продольных и поперечных распорок, врубленных в стены ряжа. Ледорез до верху заполнен камнем и наклонные грани режущей части обшиты кровельным железом.

При постройке ряжевых ледорезов применяются те-же способы производства работ, как для ряжевых опор (см. § 90).



Фиг. 662.

§ 102. Деревянные стенки и дамбы для ограждения опор от ледохода.

Опоры, расположенные около берегов реки, где сила ледехода небольшая, можно ограждать от ледохода деревянными стенками или дамбами, пользуясь ими для направления ледохода в пролеты моста. В плане стенки могут иметь прямолинейное направление или же ломанное из двух и более прямых участков. Стенки, расположенные нормально к направлению ледохода, подвергаются сильному напору льда. Чтобы ослабить этот напор и силу удара льдин, прямые стенки следует располагать под косым углом к направлению ледохода, так чтобы оне направляли ледоход в пролеты моста. На рис. 3 лис. 82 атласа показан план расположения прямой стенки, которая ограждает от ледохода шпальную клетку, устроенную на правом берегу реки. На реках с сильным ледоходом стенки должны быть защищены от ударов больших льдин; для разбивки этих льдин необходимо ставить ряд ледорезов на расстоянии в 5 до 10 саж. от начала стенки.

Ознакомимся с несколькими конструкциями оградительных стенок. Если глубина воды небольшая и ледоход слабый, можно ограничиться забивкою шпунтового ряда из бревен, по верху обжатых горизонтальною схваткою. Бо́льшею устойчивостью обладают стены, состоящие из ряда свай, обшитых горизонтальными пластинами и подпертых подкосами, которые упираются в ряд упорных свай. Такая стена высотою около 2 саж. над уровнем воды изображена на рис. 1 и 2 лис. 82. В двух продольных рядах, отстоящих один от другого на 2,5 саж., забиты сваи на взаимном расстоянии в 0,75 до 1 саж. Сваи переднего ряда возвышаются над водою на 2,5 саж. связаны между собою тремя продольными схватками и обшиты горизонтальными 6 верш. пластинами. Упорные сваи возвышаются над водою на 0,5 саж., и между собою связаны продольною схваткою. Сваи переднего и заднего ряда связаны в неизменяемую систему при помощи поперечных схваток и трех систем подкосов, причем две из них расположены над водою, а одна система—под водою.

При большой высоте стены недостаточно одного ряда упорных свай и размещают их в двух и даже трех рядах с соответственным увеличением

числа подкосов. Стенки такого типа были применены при восстановлении моста через Иртыш для ограждения под'емочных подмостей от ледохода (см. лис. 83 атласа). Как видно из плана (рис. 1), длина дамбы составляла 35,7 саж. с верховой и 25,3 саж. с низовой стороны, а всего 61 саж. В верховой части дамба имела два, а в низовой части—три перелома. За исключением небольшого участка в начале и конце дамбы, ее основание было укреплено брусчатым шпунтовым рядом. Наиболее солидное устройство дамба имела с верховой стороны в среднем участке. Как видно из рис. 2 и 3, передняя стенка состояла из свай, забитых на взаимном расстоянии в 0,9 саж. и обшитых горизонтальными брусьями 10 $\times$ 6 дм., а в нижней части—еще железными листами. В трех местах по высоте передняя стенка поддерживалась подкосами. Соответственно трем системам этих подкосов, упорные сваи были забиты в трех рядах, отстоящих один от другого на 1,15 саж. В каждом ряду упорные сваи забивались на взаимном расстоянии в 1,8 саж. В менее ответственных местах дамба имела два ряда упорных свай, согласно рис. 5 и 6, или только один ряд (рис. 8). По верху всей дамбы был устроен проход, огражденный перилами. С верховой стороны, на расстоянии 5 саж. от начала шпунтового ряда, было поставлено пять шатровых ледорезов толщиною в 1 саж. для ограждения дамбы от ударов больших льдин.

Среднее положение между оградительной стенкой и ледорезом занимает двухгранная стенка, изображенная на рис. 4 до 6 лис. 82 атласа. Стенка высотою 4 мет. составлена из двух вертикальных граней, пересекающихся под острым углом по вертикальной прямой, представляющей нож в виде куста из четырех свай, укрепленных рельсом. В каждой грани длиною 6 м. забито по 6 свай на расстоянии 1 м. одна от другой, по верху и по низу обжатых парными горизонтальными схватками. Внутри между гранями, по биссектрисе их угла, забиты три упорных сваи, которые с остальными сваями связаны поперечными схватками, а между собою—продольными схватками и тремя подкосами. В сваи среднего ряда упираются 6 подкосов, поддерживающих сваи наружных рядов. Обе грани обшиты наклонными бревнами с оставлением между ними просветов в толщину бревен.

ГЛАВА XIX.

СОСТАВЛЕНИЕ ЭСКИЗА ДЕРЕВЯННОГО МОСТА.

§ 103. Характеристика деревянных мостов.

Дерево представляет дешевый и легко обрабатываемый строительный материал; поэтому деревянные мосты строятся быстрее и обходятся дешевле мостов из других материалов. Зато деревянные мосты подвержены гниению и поэтому менее долговечны, кроме того они опасны в пожарном отношении. Для перекрытия пролетов более 20 саж. дерево мало пригодно, в виду сложности конструкций и затраты большого количества материала. На железных дорогах деревянные мосты строятся только в качестве вре-

менных сооружений, расчитанных всего на несколько лет службы, т. е. до тех пор, пока наступит срок их капитального ремонта, когда они подлежат замене мостами постоянного типа из железа, камня или бетона. При сооружении железных дорог на постройку мостов капитального типа затрачивается около 20% полной стоимости дороги; если вместо капитальных мостов на первое время построить деревянные мосты, которые обходятся в два до четырех раз дешевле, можно сберечь значительную долю строительного капитала, которая, в случае постройки мостов капитального типа, лежала бы мертвою, т. е. не приносила бы дохода в течении всего срока постройки дороги плюс первые годы эксплоатации дороги, пока она начнет приносить доход. Кроме того деревянные мосты можно построить скорее мостов капитального типа, так как работы проще и могут производиться круглый год, между тем как капитальные мосты можно строить только во время строительного сезона продолжительностью от $^1/_2$ до $^3/_4$ года. Быстрая постройка мостов дает возможность ускорить укладку рельс и открытие временного, а затем и правильного движения по дороге. Итак применение деревянных мостов позволяет сократить срок постройки дороги, т. е. время мертвого состояния строительного капитала. В качестве постоянных сооружений деревянные мосты не применяются, так как срок их службы составляет только 8 до 10 лет, после чего мост должен быть возобновлен.

При решении вопроса о том, выгоднее ли построить деревянный или железный мост, нельзя руководствоваться только первоначальною стоимостью моста, а необходимо также капитализировать стоимость ремонта моста в течение определенного периода времени. Следует также принять во внимание затраты на возобновление моста, когда он придет в ветхость. Полный затраченный на мост капитал, или капитализированная стоимость моста слагается: 1) из строительного капитала, 2) из капитализированной стоимости содержания и ремонта моста и 3) из воображаемого фонда на повторное возобновление моста по истечении срока его службы.

Обозначим через C строительный капитал, т. е. стоимость первоначальной постройки моста; через B обозначим стоимость возобновления моста спустя n лет; через Φ обозначим размер фонда, который приносит сложные проценты (4% годовых) и превращается в такой капитал, из которого может быть возобновлен мост стоимостью B и образован новый фонд Φ для следующей перестройки, т. е. должно быть

$$B + \Phi = \Phi\left(1 + \frac{4}{100}\right)^n = \Phi \,.\, 1{,}04^n$$

откуда фонд

$$\Phi = \frac{B}{1{,}04^n - 1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Обозначим через P годовую стоимость ремонта моста; капитализируя ее из 4% годовых, получим ремонтный капитал $\frac{100}{4} \,.\, P$.

Полный капитал, затраченный на мост, составляет

$$K = C + \frac{100}{4} \,.\, P + \frac{B}{1{,}04^n - 1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Если $C = B$, т. е. если стоимость возобновления равна стоимости первоначальной постройки, то

$$K = C + \frac{100}{4} \,.\, P + \frac{C}{1{,}04^n - 1} = \frac{1{,}04^n}{1{,}04^n - 1} \,.\, C + 25 \,.\, P \quad \ldots \quad (3$$

Чтобы расчитать K, необходимо иметь данные n, C и P для каждого из сравниваемых мостов. Величина n зависит от доброкачественности материалов, входящих в состав моста, от тщательности содержания и ремонта моста. Срок службы n деревянных мостов принимают от 10 до 25 лет; для железных мостов n гораздо больше: примерно

50 лет. Стоимость P годового ремонта гораздо выше для деревянных мостов, чем для железных. Она может быть выражена в $^0/_0{}^0/_0$ от первоначальной стоимости C моста такими числами:

для деревянных мостов . . . . . $P = 1{,}5$ до $3{,}5^0/_0$ от C.

для железных мостов . . . . . $P = 0{,}2$ до $0{,}35^0/_0$ от C.

Ремонт железных частей моста сводится почти исключительно к их окраске, которая возобновляется через каждые 5 до 6 лет и обходится от 5 до 6 коп. с пуда железа. При цене железа 3 руб. 50 коп. с пуда годовой расход на окраску составляет около $0{,}3^0/_0$ стоимости железной конструкции.

Для деревянного моста очень трудно учесть стоимость ремонта; она зависит от доброкачественности лесного материала, от того, насколько деревянные части защищены от атмосферических осадков и проч.

Первоначальная стоимость C моста слагается из стоимости опор и пролетного строения.

Пример. Для моста с 2-мя пролетами по 25 саж. расчитать полный капитал, который надо затратить на постройку только ферм, в случае исполнения их из железа или из дерева, принимая, что оба моста имеют одинаковые опоры и одинаковое полотно проезжей части. Срок службы принять 25 лет для деревянных ферм и 50 лет для железных.

Деревянные фермы системы Гау. Первоначальная стоимость $C = 16000$ руб. Срок возобновления $n = 25$ лет. Годовой ремонт составляет $2^0/_0$ от стоимости ферм или

$$P = 16000 \,.\, 0{,}02 = 320 \text{ рублей.}$$

Полный капитал по формуле (3):

$$K_1 = \frac{1{,}04^{25}}{1{,}04^{25} - 1} \,.\, 16000 + 25 \,.\, 320 = \frac{2{,}66}{1{,}66} \,.\, 16000 + 8000 = 33600 \text{ рублей.}$$

Железные фермы. Первоначальная стоимость $C = 23500$ руб. Срок возобновления $n = 50$ лет. Годовой ремонт $0{,}3^0/_0$, т. е. $P = 23500 \,.\, 0{,}003 = 70$ рублей.

Полный капитал по формуле (3):

$$K_2 = \frac{1{,}04^{50}}{1{,}04^{50} - 1} \,.\, 23500 + 25 \,.\, 70 = \frac{7{,}10}{6{,}10} 23500 + 1750 = 29150 \text{ рублей.}$$

Капитал деревянных ферм превышает капитал железных ферм на 4450 рублей.

Из сравнения значений K_1 и K_2 видим, что железные фермы в экономическом отношении выгоднее деревянных на 4450 рублей, т. е. на $15^0/_0$, несмотря на то, что постройка деревянных обходится первоначально на 7500 рублей или на $32^0/_0$ дешевле железных.

§ 104. Расчет отверстия деревянных мостов.

Для расчета отверстия деревянного моста надо иметь следующие данные. 1) Наибольший расход реки, соответствующий самому высокому горизонту. Расход Q определяется по площади бассейна или как произведение живого сечения реки на скорость течения, которую можно непосредственно измерить или расчитать по уклону. 2) План реки и ее разлива в месте перехода с показанием стрежней меженних и высоких вод. 3) Поперечный профиль русла с показанием горизонтов меженних и самых высоких вод, а также самого высокого и самого низкого ледохода. 4) Сведения о размерах судов и плотов, обращающихся на реке. 5) Желательно иметь геологический разрез по оси моста, добытый бурением. При определении отверстия моста нельзя руководствоваться отверстием моста, пересекающего ту-же реку в другом месте, и считать, что мост, расположенный выше по течению, должен иметь меньшее отверстие, чем ниже лежащий мост. В действительности может быть как раз наоборот, потому что величина отверстия зависит от профиля живого сечения, от характера берегов (пологие и крутые берега) и от размываемости дна в том и другом месте.

Отверстия деревянных мостов всегда определяются в предположении, что размыв русла не допускается и пренебрегается влиянием подпора.

Введем следующие обозначения:

Q — максимальный расход реки (куб. саж. в сек.),

v — средняя скорость течения (саж. в сек.),

ω — площадь живого сечения под мостом (квадр. саж.),

L — отверстие моста в свету (саж.),

t — средняя глубина воды в саж., считая от горизонта высоких вод,

$\mu = 0{,}85 - 0{,}90$ коэффициент сжатия струи.

Из основного уравнения

$Q = \mu \,.\, \omega \,.\, v = \mu \,.\, L \,.\, t \,.\, v$ получаем искомое отверстие $L = \dfrac{Q}{\mu \,.\, t \,.\, v}$.

Значения Q и t определяются изысканиями. Что касается средней скорости v, при которой можно не опасаться размыва русла, то для ее определения имеется два пути. 1) Определив грунт, образующий дно реки, по таблице A подбираем соответствующую этому грунту допускаемую скорость по дну; она-же является искомою среднею скоростью, так как по Вейсбаху средняя скорость всего сечения равна наибольшей скорости по дну. 2) При помощи поплавка или вертушки измеряем наибольшую скорость на поверхности и помножив ее на 0,84, получаем искомую среднюю скорость, так как по Вейсбаху средняя скорость всего сечения = наибольшей скорости на поверхности, умноженной на 0,84.

Таблица A допускаемых скоростей по дну, при которых не произойдет размыва русла.

Название грунта.	Саж. в сек.
Иловатый грунт	0,10
Глина очень слабая (наносная)	0,15
„ средней плотности	0,30
„ плотная	0,55
Песок речной мелкий подвижной	0,15
„ обыкновенный	0,25
„ крупный	0.40
Гравий и хрящ мелкий	0.45
„ „ крупный	0,60
Галька величиной с куриное яйцо	0,60
Слоистые горные породы разрушенные	0,80
„ „ „ неразрушенные	1.50
Скала твердая	2,0
При укреплении дна: щебнем величиной с куриное яйцо	0.7
набросною из крупного камня	1,0
одиночною мостовою	1,0
двойною мостовою	1,4
плетневыми клетками, заполненными камнем	1,6

Отверстие L, расчитанное по вышеуказанной формуле, может оказаться настолько большим, что потребуется постройка слишком длинного моста. Если желательно уменьшить длину моста или его отверстие, можно поступить двояко. 1) Можно укрепить русло под мостом и тогда допустить повышенную скорость v. 2) Можно увеличить живое сечение ω или глубину t, путем срезки берегов до уровня меженних вод, сохраняя при этом первоначальное значение скорости v. Срезка производится с верховой и с низовой стороны на протяжении 50 саж. в каждую сторону.

§ 105. Разбивка отверстия моста на пролеты.

Несудоходные и неглубокие реки со слабым ледоходом чаще всего перекрываются рядом малых пролетов, если эти реки не подвержены сильным паводкам и если по свойствам грунта опоры могут быть заложены на небольшую глубину. Судоходные реки с сильным ледоходом и большим под'емом воды следует перекрывать большими пролетами, чтобы как можно меньше стеснять русло реки; береговые пролеты, расположенные на поймах, устраиваются меньшей величины, чем речные пролеты. При неширокомъ русле реки надо стремиться к тому, чтобы русло реки и в особенности его самые глубокие места загромождались возможно меньшим числом опор.

При разбивке отверстия моста на пролеты, надо иметь в виду не только экономическую сторону вопроса, т. е. изыскание самого дешевого решения, но необходимо также руководствоваться соображениями о фарватере, о ледоходе, о судоходстве и о сплаве плотов. Условия фарватера, т. е. положение стрежней высоких и меженних вод, имеют решающее значение при размещении опор, между тем как условиями сплава плотов, судоходства и ледохода надо руководствоваться при определении величины отдельных пролетов.

Влияние фарватера. Быки следует располагать так, чтобы главный фарватер оставался свободным, т. е. стрежни высоких и меженних вод должны находиться около середины пролетов.

Влияние сплава плотов. Для сплава плотов требуется бо́льшая величина пролетов, чем для судоходства; это об'ясняется большою шириною и длиною плотов и трудностью их управления. Поэтому при определении величины речных пролетов следует прежде всего руководствоваться соображениями о сплаве плотов. В виду трудности управления плотами, пролеты моста следует назначать в $1^1/_2$ до $2^1/_2$ раз больше ширины плотов, которая бывает от 4 до 30 саж. При большой длине плоты искривляются, поэтому при назначении величины пролетов надо руководствоваться не только шириною, но и длиною плотов.

Влияние судоходства. Для судоходства желательно назначать один или два судоходных пролета возможно бо́льшей величины. Если величина этих пролетов определена по размерам плотов, то для судоходства она всегда достаточна. Величину судоходного пролета можно назначать так, чтобы в пролете помещался только судовый ход или же оба судовых хода. В первом случае пролет получается меньше и его середина должна по возможности совпадать с осью хода, а во втором случае середина пролета должна по возможности совпадать с серединою между обоими ходами. Если выше моста судовый ход переваливает от одного берега к другому, опоры моста должны быть расположены так, чтобы сплавные суда могли безопасно поворачивать на следующий ход. Для определения величины судоходных пролетов не существует определенных норм и в каждом отдельном случае эта величина устанавливается по соглашению с органами водного транспорта.

Влияние ледохода. При сильном ледоходе всегда желательно назначать большие пролеты. При большом скоплении льда и малых про-

летах перед мостом могут образоваться заторы, сопровождающиеся быстрым поднятием уровня воды; при прорыве затора вода устремляется в пролеты с большою скоростью и может подмыть опоры. Образование заторов чаще всего наблюдается в реках, текущих с юга на север (например Сибирские реки). Так как верховья этих рек вскрываются раньше низовьев, верховой ледоход попадает на нетронувшийся еще низовой лед; при этом верховые льдины, нагромождаясь на низовой лед и подплывая под него, образуют заторы. Иногда приток верховых вод настолько велик, что он приподнимает льдины площадью в несколько десятин. При таких условиях пролеты моста должны быть устроены как можно больше.

§ 106. Определение наивыгоднейшей длины пролета.

При разбивке заданного отверстия L моста на пролеты, надо иметь в виду, что длина l пролетов влияет не только на стоимость пролетного строения, но и на общую стоимость опор, так как количество опор, равное $\frac{L}{l}+1$, обусловливается длиною пролетов. Чем больше длина пролетов, тем меньше число, а следовательно и общая стоимость опор и тем выше стоимость пролетного строения. Длину пролетов можно подобрать так, чтобы общая стоимость опор и пролетного строения, т. е. всего моста, была наименьшею. Обозначим через

L в мет. — общее отверстие моста,
l в мет. — наивыгоднейшую длину пролета,
$\alpha . l$ в тон. на пог. мет. моста — погонный вес ферм и связей между ними,
F в тон. на пог. мет. моста — погонный вес проезжей части,
ρ в руб. — цену одной тонны лесного материала с полною его обработкою.
G в тон. — вес одного быка,
$\left(\frac{L}{l}+1\right)$ — общее число опор моста.

Полная стоимость моста

$$S=\left(\alpha . l+F\right) . L . \rho+\left(\frac{L}{l}+1\right) . G . \rho$$

причем первый член правой стороны обозначает общую стоимость пролетного строения, а второй член — общую стоимость опор. Чтобы определить ту длину l пролета, при которой общая стоимость S моста будет наименьшею, приравниваем нулю производную $\frac{d S}{d l}$.

$$\frac{d S}{d l}=\alpha . L . \rho-\frac{L . G . \rho}{l^2}=0 \quad \text{откуда}$$

$$(\alpha . l) . l . = G .$$

Левая сторона этого уравнения представляет вес ферм и связей одного пролета, а правая сторона вес одного быка. Следовательно, наивыгоднейшая длина пролета будет та, при которой количество материала или вес ферм и связей этого пролета равняется количеству материала или весу одного быка. Данные о весе или, что то-же, о количестве лесного материала в фермах, связях и быках, сообщены в § 108.

Этот вывод не отличается строгостью, так как значения F, α, G зависят от величины пролета и поэтому не являются постоянными, как принято в расчете. Теорема о наивыгоднейшей длине пролета выведена в том

предположении, что все опоры моста имеют одинаковую стоимость. В тех случаях, когда стоимость опор одного и того-же моста сильно колеблется, мост можно разделить на два и более участка и для каждого участка отдельно определить наивыгоднейшую длину его пролетов. С достаточною для целей практики точностью теорему о наивыгоднейшей длине пролетов можно распространить на следующие два случая. 1) Если быки, ограничивающие один и тот-же пролет, имеют разный вес, то наивыгоднейшая длина пролета будет та, при которой вес ферм и связей этого пролета равняется среднему весу обоих быков. 2) Если пролеты, примыкающие к данному быку, имеют разную величину, то вес этого быка должен равняться среднему весу ферм и связей обоих пролетов.

§ 107. Выбор системы ферм.

При выборе системы ферм для деревянных железнодорожных мостов надо руководствоваться следующими соображениями: 1) возможностью выправления ферм, провисших под влиянием усушки, не прибегая к устройству промежуточных опор и подмостей; 2) портативностью ферм, т. е. возможностью перевозки в готовом виде собранных на базах ферм для установки их на место; 3) сроком службы ферм, обусловленным быстротою загнивания; 4) строительною высотою, т. е. расстоянием от низшей точки пролетного строения до подошвы рельс и 5) стоимостью ферм, зависящею от потребного количества материала и рабочей силы. Данные для суждения о стоимости деревянных мостов разных систем приведены в § 108 и 109.

1) Прогоны из бревен применяются для пролетов от 0,5 до 3 саж. Каждый прогон составляется из одного до шести бревен, располагаемых в одном, двух или трех ярусах. В виду отсутствия стыков, такие прогоны не провисают при усушке и служат сравнительно долго, если принять меры к их охране от загнивания в местах сопряжения с земляным полотном. Целое пролетное строение, состоящее из двух прогонов, связей между ними и поперечин, можно перевозить в собранном виде. В случае трех'ярусных прогонов, строительная высота получается значительно больше, чем при прогонах из железных двутавровых балок.

2) Рельсовые пакеты, применяемые для пролетов до 3 саж., сильно прогибаются при проходе поездов, требуют большого количества рельс и отличаются весьма нерациональным использованием материала; поэтому их следует применять только в исключительных случаях, когда кроме рельс, снятых со смежного пути, на месте работ не имеется других материалов. Устройство рельсовых пакетов рассмотрено в § 111.

3) Железные прокатные балки двутаврового сечения высотою 400 и 500 мм. применяются для пролетов до 6 саж. Под каждым рельсом укладывается рядом от одной до четырех балок. Чтобы увеличить жесткость прогонов и их сопротивление изгибу, балки можно укладывать одна на другой, склепывая их между собою. Такими двух'ярусными прогонами можно перекрывать пролеты до 8 саж. Железные балки удобны тем, что позволяют перекрывать сравнительно большие пролеты при самом простом устройстве пролетного строения. Кроме того, при железных балках строи-

тельная высота меньше, чем при прогонах из бревен. Прогоны из железных балок детально описаны в § 112.

4) Подкосные фермы для мостов с ездою по верху применяются одноподкосной системы для пролетов от 2 до 3 саж., двухподкосной системы для пролетов от 3 до 6 саж. и ригельно-подкосной системы для пролетов от 3 до 6 саж. Подкосные фермы железнодорожных мостов всегда снабжаются затяжкою, воспринимающею распор подкосов. Предельная величина пролета в 6 саж. об'ясняется тем, что затяжку желательно устраивать без стыка из целого бревна, предельною длиною которого надо считать 7 саж. На русских железных дорогах одноподкосные и двухподкосные фермы очень распространены. Для быстрого восстановления разрушенных мостов эти фермы не годятся по следующим причинам: 1) в виду большой высоты и громоздкости, оне неудобны для перевозки в собранном виде, а при сборке на месте установки работа подвигается слишком медленно; кроме того эти фермы дают очень большую строительную высоту. Ригельно-подкосные фермы, в виду меньшей длины их подкосов, имеют значительно меньшую высоту и допускают перевозку в собранном виде. Известный недостаток ригельно-подкосной системы, состоящий в волнообразном изгибе прогонов при несимметричном расположении нагрузки, можно устранить добавлением затяжки, связанной с прогоном двумя подвесками (фиг. 243).

5) Подвесные фермы треугольной или ригельной системы для мостов с ездою по низу применяются при наличии небольшой строительной высоты для пролетов до 8 саж. Фермы, провисшие вследствие усушки, можно выправлять подвинчиванием гаек железных тяжей. В виду большой высоты, фермы не допускают перевозки в собранном виде. Чтобы осуществить такую перевозку, фермы можно разделить на два яруса, которые на базе собираются отдельно. Доставив оба яруса на место работ, сперва устанавливают на опоры нижний ярус, а затем ставят на него верхний ярус, после чего оба яруса связываются болтами и шпонками (см. стр. 189).

6) Фермы Гау, применяемые для пролетов от 8 до 20 саж., являются одним из наиболее солидных и рациональных типов деревянных ферм; хотя на них расходуется большое количество железа. В первоначальном своем виде, т. е. с однопанельными перекрестными раскосами в каждой панели, фермы Гау выдерживают тяжелые современные паровозы только при небольшом пролете. Чтобы сохранить небольшую длину панели и хороший угол наклона раскосов при нормальной высоте ферм, применяют двухраскосную систему решетки (фиг. 310), при которой поперечная сила в каждой панели распределяется между двумя раскосами и тяжами. Поэтому усилия и сечения всех раскосов и тяжей, а также давления узловых подушек на пояса, получаются примерно вдвое меньше, чем при простой раскосной системе. Небольшую длину панели и хороший угол наклона раскосов при нормальной высоте фермы можно получить также в случае применения решетки составной раскосной системы (фиг. 378 и 379), состоящей из основной раскосной системы и ряда треугольных шпренгелей, делящих панели пополам. В этой системе основные раскосы и тяжи напряжены почти в два раза больше, чем в двухраскосной системе. Сравнивая эти две системы решетки, мы видим, что в составной раскосной системе

число основных раскосов и тяжей небольшое, но зато они сильно напряжены, между тем как в двухраскосной системе число раскосов и тяжей вдвое больше, но зато усилия в них примерно вдвое меньше. Общее количество материала и в особенности железа, потребное для устройства решетки, получается больше при двухраскосной системе; к тому же она статически неопределима и имеет все прочие недостатки двухраскосной системы [1]).

Серьозное преимущество ферм Гау заключается в том, что не требуется устройства подмостей для выправления ферм, провисших под влиянием усушки дерева. Это выправление, имеющее целью восстановить первоначальный под'ем ферм, производится простым подвинчиванием гаек железных тяжей.

Что касается возможности перевозки ферм Гау в собранном виде, то этому условию удовлетворяют только фермы пролетом до 10 саж., за исключением случаев, когда мост с ездою по низу устраивается закрытым, т. е. с верхними связями между фермами. В этом случае, а также во всех случаях, когда пролет ферм больше 10 саж., высота ферм настолько велика, что исключается возможность их перевозки в собранном виде. В этих случаях можно применять фермы двух'ярусного типа, причем оба яруса собираются на базе отдельно и в таком виде доставляются на место работ. После установки нижнего яруса на опоры, на него ставят верхний ярус и скрепляют его болтами и шпонками (см. стр. 189).

7) Досчатые фермы со сплошною стенкою или фермы Лембке применяются для мостов с ездою по верху пролетом от 6 до 12 саж. Во время последней войны эти фермы получили широкое применение на наших железных дорогах, благодаря их портативности, позволяющей доставлять на место работ готовые пролетные строения, заготовленные на базах. Кроме того, фермы Лембке практичны тем, что на их изготовление идет только мелкий лесной материал в виде досок. Пятилетний опыт применения ферм Лембке на железных дорогах показал, что оне не оправдали возложенных на них надежд. Принимая во внимание 1) недолговечность этих ферм, подверженных быстрому загниванию под действием воды, попадающей в многочисленные щели между досками, 2) невозможность выправления ферм, провисших под влиянием усушки досок, и целый ряд других недостатков, перечисленных на стр. 218, фермы Лембке в настоящее время признаны непригодными для капитального восстановления мостов и допускаются только для временного восстановления на срок не более трех лет и то при условии их изготовления из отборного сухого леса при особенно тщательной работе.

8) Фермы Тауна, изготовленные из досок, разделяют почти все недостатки ферм Лембке и поэтому оне допустимы только для временных мостов, расчитанных на краткий срок службы. По мере возрастания веса паровозов, предельный пролет ферм Тауна соответственно понижался и в настоящее время он дошел до 10—12 саж. Применение ферм Тауна свыше этого пролета влечет за собою неудобные усложнения их конструкции.

---

[1]) См. стр. 228 I тома наших Железных мостов. III изд.

ГЛАВА XX.

СТОИМОСТЬ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ.

При проектировании мостов эскиз каждого моста приходится составлять в нескольких вариантах. Для сравнения этих вариантов, необходимо знать приблизительную общую стоимость каждого из них. Чтобы быстро и просто определить эту стоимость, надо располагать 1) данными о количестве лесного материала и железа, нужных для устройства пролетного строения и опор разных систем (эти данные приведены в § 108) и 2) данными о количестве рабочей силы для обработки и сборки частей моста. Эти данные приведены в § 109. При разработке избранного варианта приходится составлять детальную смету на постройку моста, для чего необходимо иметь расценки на отдельные работы, встречающиеся при постройке деревянных мостов. Эти расценки, заимствованные из урочного положения, приведены в § 110.

§ 108. Определение количества лесного материала и железа.

В настоящем § мы собрали данные о количестве лесного материала и железа, нужного для постройки пролетных строений и опор разных систем. Эти данные сгруппированы отдельно для пролетных строений и для опор. Количество лесного материала указано в погон. саж. или в куб. футах и в большинстве случаев исчислено netto, т. е. соответственно действительным размерам отдельных частей. Материалы, идущие на устройство полотна, т. е. перил, досчатого настила, охранных брусьев и подрельсных поперечин, исключены из состава материалов для пролетного строения, так как стоимость полотна исчисляется отдельно на основании следующей таблицы.

Таблица 1. Количество материалов и рабочей силы для устройства одной погон. саж. железнодорожного **мостового полотна**, состоящего из подрельсовых поперечин, охранных брусьев, досчатого настила и перил.

На 1 погон. саж. моста требуется:

бревен 6 вер.	14,0	пог. саж.
„ 5 вер.	5,4	„ „
досок $10 \times 2^1/_2$ дм.	9,0	„ „
железных болтов диам. $^3/_4$ дм. 16 штук . . .	1,6	пуд.
гвоздей 6 дм., 8 дм., 9 дм. 42 штуки . . .	0,1	„
Итого железа . .	1,7	пуд.

Количество рабочей силы на 1 пог. саж. моста = 9,1 плотников в 8-ми часовых рабочих днях.

Таблица 2. **Свайные эстакады** балочной системы по типу Средне-Сиб. ж. д. Глубина забивки свай принята в 2 саж.

Эстакада согласно фиг.		547 и 541				547 и 541				548			
Величина пролетов саж.		1,0				1,5				2,0			
Высота насыпи саж.		1,0	2,0	2,5	3,0	1,25	2,0	2,5	3,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Толщина быков . . . саж.		1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	0,76	0,76	0,76	0,76
Ширина основания быков . . . . . саж.		2,4	3,1	3,1	3,1	2,7	3,0	3,0	3,3	3,0	3,0	4,1	5,0
Число брусьев в каждом прогоне		2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4
Количество материала в одном двойном быке и одном пролете	Дерева пог. саж.	**63**	**119**	**146**	**173**	**102**	**151**	**196**	**207**	**139**	**176**	**249**	**320**
	Железа пудов . .	**7,1**	**10,7**	**21,5**[1]	**23,7**[1]	**9,5**	**14,2**[1]	**27,1**[1]	**28,6**[1]	**24,3**[1]	**28,0**[1]	**37,9**[1]	**41,1**[1]
Количество материала на 1 пог. саж. моста	Дерева пог. саж.	32	59	73	87	34	50	65	69	50	64	90	116
	Железа пудов . .	3,6	5,3	10,8	11,9	3,2	4,7	9,0	9,5	8,8	10.1	13,7	14,9

[1]) Включены железные хомуты и болты для наращивания свай.

[2]) При подсчете общего количества дерева длина пластин введена наравне с бревнами.

Таблица 3. **Рамные эстакады** и двухподкосные рамные мосты по типу Средне-Сибир. ж. д.

По типу фиг.		541 и 547				541 и 547	На лис. 8 атл.
Величина пролетов . . . . . саж.		1,0				1,5	3,0
Высота насыпи . . . . . саж.		1,0	2,0	2,5	3,0	1,25	3,5
Толщина быков . . . . . саж.		1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	0,2
Длина опорного лежня . . . . . саж.		4,7	4,7	3,2	4,7	3,9	4,6
Число брусьев в каждом прогоне . .		2	2	2	2	4	4
Количество[1]) материала в одном двойном быке и одном пролете.	Дерева пог. саж..	**82**	**150**	**166**	**198**	**102**	**293**
	Железа пудов . .	**9,2**	**13,5**	**16,6**	**19,0**	**12,7**	**26,2**
Количество материала на 1 погон. саж. эстакады.	Дерева пог. саж..	41	75	83	99	34	92
	Железа пудов . .	4,6	6,7	8,3	9,5	4,2	8,2

[1]) При подсчете количества лесного материала длина пластин введена наравне с бревнами.

Таблица 4. Количество материалов в балочных мостах на свайных опорах с пролетами в 1 саж. согласно чертежа на лис. 4 атласа.

№ по порядку	Наименования и размеры материалов.			Высота насыпи саж.	0,50		1,00		1,50		2,00		2,50	
				Полная длина двух устоев саж.	3,20		4,00		5,00		5,80		6,80	
				Наименование частей моста	Оба устоя	отв. / 1.0	Оба устоя	отв. / 1.0	Оба устоя	отв. / 1.0	Оба устоя	отв. / 1.0	Оба устоя	отв. / 1.0
				Число забиваемых свай	12	3	22	5	22	5	32	5	32	5
1	Бревна d=6 в.	Длина 3 и 4 сажени	У к	Коренные сваи	12	3	18	3	27	4½	48	6	48	6
2				Откосные сваи 1 ряда			4	2	4	2	8	2	8	2
3				Откосные сваи 2 ряда										
4				Укосины			2	1	2	1	8	2	8	2
5				Прогоны	7	2½	9	2½	11	2½	13	2½	15½	2½
				Насадки	2	½	3	½	3	½	4	½	4	½
6	Брелна d=5 в.		Ш т	Поперечные схватки горизонтальные 1 яруса					3		5		5	
7				Поперечные схватки горизонтальные 2 яруса					2		5		5	
8				Схватки и кресты устоев					6		15		30	
9				Поперечины	11½	3½	14½	3½	18½	3½	21½	3½	24½	3½
10	Пластины d=5 верш.			Затяжки 1 яруса					12		12		12	
11				Затяжки 2 яруса					6		12		10	
12				Поперечные схватки горизонтальные 1 яруса			8	2	6	2	10	2	10	2
13				Диагональные схватки 1 яруса			4	1	6	2	16	2	16	2
14	Брусья d=4 в. 3 саж.		шт.	Шпонки	1	½	2	½	3	½	4	½	4	½
15	Брусья 6″.9″		пог. саж.	Охранный брус	7	2¼	8½	2¼	11	2¼	12½	2¼	14	2¼
16	Брусья 5″.5″			Перила: Стойки и поручень			18½	3½	20½	3½	23½	3½	25½	3½
17	Брусья 4″.5″			Перила: Решетка и укосины			16½	3	18½	3	22	3	23	3
18	Доски.			Настил 2″ × 9″	35	11	44	11	55	11	64	11	75	11
19	Штуки.			Хомутов комплект ½″ и 3″					18	3	24	3	24	3
20	Штуки.			Скоб ⅝″ × 8″	12	3	18	3	42	3	84	3	84	3
21	Штуки.			Гвоздей 6″	175	55	300	75	375	75	435	75	510	75
22	Штуки.			Шайб для болтов	134	44	296	76	450	84	608	84	644	84
23	Болты	d=¾″ Диаметр ⅞″	Пудов	$D_5 + 6'' = 12''$	15	5	20	5	25	5	29	5	35	5
24	Болты	d=¾″ Диаметр ⅞″	Пудов	$D_6 + d_5 = 14''$			20	6	36	10	56	10	56	10
25	Болты	d=¾″ Диаметр ⅞″	Пудов	$D_6 + d_5 + d_5 = 17''$			20	6	36	6	70	6	70	6
26	Болты	d=¾″ Диаметр ⅞″	Пудов	$D_6 + D_5 = 18''$							18		18	
27	Болты	d=¾″ Диаметр ⅞″	Пудов	$D_6 + D_5 + d_3 = 19''$					28		6		6	
28	Болты	d=¾″ Диаметр ⅞″	Пудов	$D_6 + D_6 + \frac{1}{2} D_4 = 23''$	4	2	8	2	12	2	12	2	12	2
29	Болты	d=¾″ Диаметр ⅞″	Пудов	$D_6 + D_6 + D_5 = 27''$	48	15	72	15	84	15	96	15	108	15
30	Болты	d=¾″ Диаметр ⅞″	Пудов	$D_6 + D_6 + \frac{1}{cs}\, 35^0 = 17''$			8	4	8	4	16	4	16	4
	Итого		Штук	Бревен 6 вершк. 3 саженных	21	6	18	6	47	10½	81	13	83½	13
	Итого		Штук	Бревен 6 вершк. 4 саженных			18	3						
	Итого		Штук	Бревен 5 вершк. 3 саженных	11.5	3½	20½	5	44½	5½	71½	5½	89½	5½
	Итого		Штук	Бревен 4 вершк. 3 саженных	1	½	2	½	3	½	4	½	4	½
	Итого		Пог. саж.	Брусков 6″ × 9″			8½	2¼	11	2¼	12½	2¼	14	2¼
	Итого		Пог. саж.	Брусков 5″ × 5″			18½	3½	20½	3½	23½	3½	25½	3½
	Итого		Пог. саж.	Брусков 4″ × 5″			16½	3	18½	3	22	3	23	3
	Итого		Пог. саж.	Досок 2″ × 9″	35	11	44	11	55	11	64	11	75	11
	Общее количество			лесного материала погонных сажней	100	30	237	55	333	58	527	66	593	66
	Общее количество			железа в изделия . . пудов	9,6	3,1	19,7	4,8	47,2	8,2	64,1	8,2	67,5	11
	Общее количество			гвоздей . . . . . пудов	0,31	0,10	0,53	0,13	0,67	0,13	0,78	0,13	0,91	0,13

Таблица 5. Количество материалов в одноподкосных мостах на с ночных свайных быках с пролетами в две саж. согласно чертежу на лис. 6 атл

№№ по порядку	Наименование и размеры материалов			Высота насыпи саж.	2,50		3.00		3,50		4,00		Пример 6.00	
				Полная длина двух устоев саж.	9,40		10,60		11,80		13,00		19,00	
				Наименование частей моста	Оба устоя	отв./2.0	Оба устоя	отв./2.0	Оба устоя	тв./2.0	Оба устоя	отв./2.0	Оба устоя	отв./2.0
				Число забиваемых свай	40	6	48	6	48	6	52	6	230	40
1	Бревна d = 6 вершк.	Длина 4 сажени	Штуки	Коренные сваи	64	8	80	8	80	8	96	8	384	45
2				Откосные сваи 1 ряда	8	2	8	2	8	2	8	2	84	12
3				Откосные сваи 2 ряда									12	6
4				Укосины 1 яруса	8	2	8	2	8	2	8	2	16	8
5				Укосины 2 яруса									60	12
6				Затяжки 1 яруса	4		4		4		8		67	12
7				Затяжки 2 яруса	6	2	8	2	10	2	4		67	15
8				Затяжки 3 яруса					4		12	4	55	9
9				Затяжки 4 яруса							4			
10				Подкосы	2	2	6	2	6	2	6	2	30	6
11				Подушки под подкосы	1	1	3	1	6	2	6	2	20	4
12				Подбалки	3	1	3	1	3	1	3	1	40	6
13				Прогоны	20	4	22	4	25	4	28	4	168	16
14				Насадки	4	1	5	1	5	1	6	1	30	3
15	Бревна d=5 в.			Поперечные схватки, горизонтальные 1 яруса	5		6		10		13		48	12
16				Поперечные схватки, горизонтальные 2 яруса	7		4		4		1		75	16
17				Поперечные схватки, горизонтальные 3 яруса							4		24	5
18				Схватки и кресты устоев 1 яруса	10		16		16		18		48	7
19				Схватки и кресты устоев 2 яруса	2		6		6		6		48	7
20				Схватки и кресты устоев 3 яруса									9	
21				Поперечины	35	$7^1/_2$	39	$7^1/_2$	44	$7^1/_2$	49	$7^1/_2$	210	30
22	Пластины d=5 в.			Затяжки 1 яруса									34	11
23				Затяжки 2 яруса									36	6
24				Поперечные схватки горизонтальные 1 яруса	4	2	6	2	6	2	8	4	134	30
25				Поперечные схватки горизонтальные 2 яруса	6	2	6	2	6	2	12	2	52	6
26				Поперечные схватки горизонтальные 3 яруса									48	6
27				Поперечные схватки горизонтальные 4 яруса									93	24
28				Диагональные схватки 1 яруса	12	2	12	2	20	5	22	4	78	12
29				Диагональные схватки 2 яруса	6	1	6	1	10	1	14	2	12	6
30	d=4 в.	3 саж.	шт.	Шпонки	7	$1^1/_2$	10	$1^1/_2$	10	$1^1/_2$	13	$1^1/_2$	66	11
31	Брусья	6".4"	пог. саж.	Охранный брус	20	$4^1/_2$	23	$4^1/_2$	27	$4^1/_2$	31	$4^1/_2$	46	$6^3/_4$
32		5".5"		Перила: Стойки, поручень	33	7	37	7	43	7	47	7	78	$10^1/_2$
33		4".5"		Перила: Решетка и укосины	29	6	34	6	39	6	42	6	72	9
34	Доски			Настил 2" × 9"	102	22	117	22	128	22	143	22	232	33
35	Штуки			Хомутов комплектов $^1/_2$" × 3"	32	4	40	4	40	4	48	4	148	20
36				Скоб $^5/_8$" × 8"	96	8	96	8	96	8	104	8	5 38	1.05
37				Гвоздей 6"	710	150	795	150	885	150	980	150	2.70	0.40
38				Шайб	1192	260	1260	292	1432	296	1864	328	17.50	4.07
39	Болты	d=$^3/_4$	Диаметр $^7/_8$"	$D_5 + 6" = 12"$	46	10	52	10	58	10	66	10	6.16	0 87
40				$D_6 + d_5 = 14"$	144	20	104	32	136	32	232	48	34.10	9 00
41				$D_6 + d_5 + d_3 = 17"$	40	12	16	6	20	6	56	16	19 08	4.25
42				$D_6 + D_6 = 18"$			16		16		24			
43				$D_6 + D_5 + d_5 = 19"$	56		16						45.80	13.85
44				$D_6 + D_6 = 20"$	88	52	136	32	140	32	164	32	39.87	10.30
45				$D_6 + 7" + 7" = 22"$		12	24	12	28	14	28	14	7.65	1.53
46				$D_6 + D_6 + {}^1/_2 D_4 = 23"$	4	2	12	2	12	2	12	2	5.10	0.78
47				$D_5 + D_6 + D_5 = 26"$	32		24		44		28			
48				$D_6 + D_4 + D_5 = 27"$	96	24	120	24	144	24	168	24	30.00	4.80
49				$D_6 + D_6 + D_6 = 29"$	40	8	48	8	56	8	84	8	26.60	3.80
50				$D_6 + D_6 + D_6 + {}^1/_2 D_4 = 32"$	12	2	8	2	8	2	8	2		
51				$D_6 + D_6 + D_6 + D_5 = 36"$	20	12	32	12	32	12	40	12	32.20	5.38
52				$D_6 + D \times {}^1/\cos 35^0 = 17"$	16	4	16	4	16	4	16	4	5.88	1.68
53				$(D + D)\,{}^1/\cos 45^0 = 32"$	2	2	6	2	6	2	6	2	1.70	0.34
Итого	Бревен 6 вершк.	3 сажени			100	19	125	19	46	10	49	14		
	„ „ „	4 „			20	4	22	4	113	14	140	12		
	„ 5 „	3 „			73	11	86	11	98	$11^1/_2$	112	$13^1/_2$		
	„ „ „	4 „							3	1				
	„ 4 „	3 „			7	$1^1/_2$	10	$1^1/_2$	10	$1^1/_2$	13	$1^1/_2$		
	Брусов 6" × 9"				20	$4^1/_2$	23	$4^1/_2$	27	$4^1/_2$	31	$4^1/_2$		
	„ 5" × 5"				33	7	37	7	43	7	47	7		
	„ 4" × 5"				29	6	34	6	39	6	42	6		
	Досок 2" × 9"				102	22	117	22	128	22	143	22		
Общее количество	лесного материала				702	124	845	124	1044	146	1162	152	2234	363
	железа в изделии				105.5	22 8	126 6	23.5	137.9	23.8	171.5	26 2	427.6	81.2
	гвоздей				1.27	0.26	1.42	0.26	1.58	0.26	1 76	0.26	2.70	0.40

Таблица 6. Количество материалов в одноподкосных мостах на двойных свайных быках с пролетами в 2 сэж. согласно чертежу на лис. 7 атласа.

№ по порядку	Наименование и размеры материалов			Высота насыпи в саженях	4.50		5.00		5.50		6.00		6.50	
				Полная длина двух устоев	16.6		18.00		19 5		21.0		22.5	
				Наименование частей моста	Оба устоя	отв. 3.00	Оба устоя	отв. 3.00	Оба устоя	отв. 3.00	Оба устоя	отв. 3.00	Оба устоя	отв. 3.00
				Число забиваемых свай	76	16	92	16	92	16	92	16	112	16
1	Бревна d = 6 верш.	Длина 3 и 4 саженей	Устои	Коренные сваи	140	20	192	24	192	24	192	24	232	24
2				Откосные сваи: 1 ряда	24	6	40	8	40	8	40	8	48	8
3				Откосные сваи: 2 ряда	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4
4				Укосины: 1 яруса	4	2	8	4	8	4	8	4	8	4
5				Укосины: 2 яруса	16	4	16	4	20	4	20	4	20	4
6				Затяжки: 1 яруса	12	2	18	2	22	2	22	2	24	2
7				Затяжки: 2 яруса	22	4	26	4	26	4	26	4	28	4
8				Затяжки: 3 яруса	16	3	18	3	20	3	20	3	22	3
9				Затяжки: 4 яруса					2		2		6	
10				Подкосы	6	2	6	2	10	2	10	2	10	2
11				Подушки под подкосы	4	2	4	2	10	2	10	2	10	2
12				Подбалки	16	2	16	2	12	2	12	2	12	2
13				Прогоны	34	6	36	6	39	6	42	6	45	6
14				Насадка	8	2	10	2	10	2	10	2	11	2
15	Бревна d=5 верш.		Шпунты	Поперечные схватки горизонтальные: 1 яруса	28	6	34	6	24	4	24	4	13	4
16				Поперечные схватки горизонтальные: 2 яруса	30	4	36	4	41	8	41	8	32	8
17				Поперечные схватки горизонтальные: 3 яруса	18	2	20	2	11	2	11	2	19	2
18				Поперечные схватки горизонтальные: 4 яруса					2		2		3	
19				Схватки и кресты устоев: 1 яруса	28	2	28	2	28	4	28	4	44	4
20				Схватки и кресты устоев: 2 яруса	20	2	24	2	28	4	28	4	40	4
21				Схватки и кресты устоев: 3 яруса	6		8		4		4		6	
22				Поперечины	57	10	61	10	65	10	70	10	75	10
23	Пластины d=5 верш.			Затяжки: 1 яруса	10	3	10	3	14	3	14	3	14	3
24				Затяжки: 2 яруса	2	1	2	1	12	2	12	2	16	2
25				Поперечные схватки горизонтальные: 1 яруса	34	12	40	12	62	10	62	10	25	10
26				Поперечные схватки горизонтальные: 2 яруса	10	6	10	6	18	2	12	2	24	2
27				Поперечные схватки горизонтальные: 3 яруса	2	1	2	1	16	2	16	2	8	2
28				Поперечные схватки горизонтальные: 4 яруса							34	8	60	8
29				Диагональные схватки: 1 яруса	30	16	34	16	34	8	26	4	60	8
30				Диагональные схватки: 2 яруса	22	4	26	4	26	4	4	2	6	2
31				Диагональные схватки: 3 яруса					4	2				
32	Брусья d=4 в.	3 саж.	шт.	Шпонки	12	3½	13	3½	22	3½	22	3½	23	3½
33		6″×9″		Охранный брус	36	6¾	39	6¾	42	6¾	46	6¾	49	6¾
34		5″×5″		Перила: Стойки и поручень	57	10½	66	10½	72	10½	78	10½	83	10½
35		4″×5″		Перила: Решетка и укосины	54	6	61	6	67	6	72	6	77	6
36	Доски		Пог. саж.	Настил 2″ × 9″	182	33	198	33	204	33	232	33	247	33
37	Штуки			Хомутов комплектов ½″×3″	120	20	140	20	148	20	148	20	172	20
38				Скоб ⅜″ × 8″	116	24	116	24	128	24	128	24	164	24
39				Гвоздей 6″	1245	225	1350	225	1470	225	1575	225	1680	225
40				Шайб	3084	750	3460	750	4152	874	4296	874	4364	1070
41	Болты	d=¾″	Диаметр 7/8″	$D_5 + 6″ = 12″$	82	15	90	15	98	15	106	15	112	15
42				$D_6 + d_5 = 14″$	336	64	388	64	380	100	380	100	204	100
43				$D_6 + d_5 + d_5 = 17″$	136	28	168	28	188	46	188	40	286	72
44				$D_6 + D_5 = 18″$	28		36							
45				$D_6 + D_5 + d_5 = 19″$	126	68	130	68	408	124	408	124	424	140
46				$D_6 + D_6 = 20″$	232	88	252	88	324	88	340	88	364	88
47				$D_6 + 7″ + 7″ = 22″$	36	12	36	12	60	12	60	12	60	12
48				$D_6 + D_6 + \frac{1}{2} D_4 = 23″$	12	6	12	6	40	6	40	6	44	6
49				$D_5 + D_6 + D_5 = 26″$	136		144							
50				$D_6 + D_6 + D_5 = 27″$	120	32	132	32	200	32	224	32	240	32
51				$D_6 + D_6 + D_6 = 29″$	132	20	144	20	168	24	168	24	180	24
52				$D_6 + D_6 + D_6 + \frac{1}{2} D_4 = 32″$	20		24							
53				$D_6 + D_6 + D_6 + D_5 = 36″$	42	24	112	24	168	28	168	28	168	28
54				$D_6 + D_6 + \frac{1}{\cos 35^0} = 17″$	48	16	56	16	56	16	56	16	80	16
55				$D_6 + D_6 + \frac{1}{\cos 45^0} = 32″$	6	2	6	2	10	2	10	2	10	2
	Бревен 6 вершк.	3 сажен			276	53	362	61	372	57	372	57	431	57
	„ 6 „	4 „			34	6	36	6	47	10	50	10	531	10
	„ 5 „	3 „		штук	232	48½	273	48½	296	48½	298	52½	290½	40½
	„ 5 „	4 „											56	10
	„ 4 „	3 „			12	3½	13	3½	22	3½	22	3½	23	3½
	Брусков 6″ × 9″				36	6¾	39	6¾	42	6¾	46	6¾	49	6¾
	„ 5″ × 5″			пог. саж.	57	10½	66	10½	72	10½	78	10½	83	10½
	„ 4″ × 5″				54	9	61	9	67	9	72	9	77	9
	Досок 2″ × 9″				182	35	198	33	204	33	239	33	247	33
	Общее количество	лесного материала погонных саженей			1843	365	2254	389	2439	417	2472	429	2878	433
		железа в изделиях		пудов	320.1	65.0	362 3	65.0	421.2	81.2	427.6	81 2	457.7	97.5
		гвоздей		пудов	2.25	0.40	2.40	0.40	2.65	0.40	2.70	0.40	3.00	0.40

Пояснение к таблицам 4, 5 и 6, составленным для предварительного подсчета материалов, необходимых для постройки мостов.

1) Материалы подсчитаны для мостов при высотах насыпи от 0,5 до 6,5 саж. через каждые 0,5 саж.

2) Для каждого моста материал подсчитан а) для пары устоев, которые для наглядности заштрихованы в плане на листах 4, 6 и 7 атласа с двумя полупролетами от заштрихованной на плане части, являющимися сопрягающей частью между устоем и соседним быком и б) „для отверстия", т. е. для одного быка и двух полупролетов.

3) В качестве лесного материала приняты только наиболее ходкие сорта бревен длиною 3 и 4 саж. при толщине в 4, 5 и 6 верш.

4) Круглый лес приведен в штуках, так как в таком виде обычно выполняются задания на его заготовку.

5) Исчисление материала в полных штуках произведено в том предположении, что употребляется в дело или полная штука или часть ее. Если часть ее равна половине или менее, то две таких части, употребленные в дело, посчитаны за одну штуку. Если же какой-либо элемент моста длиннее половины трех-или четырех саженного бревна, и для остающегося отрезка не находится применения, то он считается отбросом и материал, потребный для изготовления вышеуказанного элемента, исчисляется как отдельная штука.

6) Четырехсаженные бревна и пластины в верхней половине таблиц показаны жирными цифрами.

7) В итоге потребности лесного материала указываются только бревна, так как принято, что пластины выпиливаются из бревен на месте работ.

8) Общая глубина забивки коренных и откосных свай принята 2,5 до 3 саж. Если забивка пробной сваи покажет бо́льшую глубину, количество материала, идущего на сваи, должно быть увеличено. При подсчете этого дополнительного материала надо исходить из „числа забиваемых свай" (коренных и откосных), указанного в заголовке таблицы, на которое и следует помножить найденную забивкою пробной сваи дополнительную величину. Поясним это на примере моста при высоте насыпи в 2 саж., для которого глубина забивки пробной сваи = 5,0 саж.; дополнительное количество трехсаженных 6 вер. бревен будет

для двух устоев $\frac{5,0-2,0}{3} \cdot 32 = 32$ штуки; для одного быка $\frac{5,0-2,0}{3} \cdot 5 = 5$ штук.

9) Квадратный материал на охранные брусья и перила приведен в погон. саженях и исчислен с запасом на сопряжения и потери при обрезке.

10) Доски настила приведены в погонных саженях в предположении, что не будет потерь на обрезку.

11) Комплект хомутов принят состоящим из трех отдельных хомутов и количество их исчислено для наращивания при нормальной глубине забивки сваи в 2,5 до 3 саж. При большей глубине забивки свай количество комплектов хомутов должно быть увеличено.

12) При исчислении потребности болтов приняты следующие обозначения. Буква D со знаком 4, 5 или 6 указывает, что болтом сопрягаются бревна диаметром 4, 5 и 6 верш. Буква *d* со знаком указывает, что болтом сопрягается пластина. Графа, где входит *cs* 35°, относится к болтам, сопрягающим укосины с коренными и откосными сваями, а графа, где входит *cs* 45°, относится к болтам, стягивающим вверху пару подкосов.

13) В примере, помещенном в конце таблицы 6 для одноподкосного моста на двойных быках с двухсаженными пролетами при высоте насыпи 6 саж., произведен подсчет количества материала *netto*, т. е. фактически употребляемого в дело, причем обрезки не вошли в счет. Сравнивая это количество с потребностью материала, исчисленной в целых штуках, т. е. *brutto*, видим, что для устоев количество *netto* = 80% от количества *brutto*, а для быка—84%, т. е. потеря материала на обрезки составляет 15 до 20%. Поэтому, производя предварительный подсчет количества рабочей силы на весь мост на основании общего количества лесного материала, можно учесть влияние обрезков, если общие количества лесного материала, указанные в таблицах на 3-й и 4-й строках снизу, уменьшить на 15 до 20%.

Пример. По таблице 5 определить общее количество материалов для одноподкосного моста на одиночных свайных опорах с пролетами в 2 саж. при высоте насыпи в 4 саж. и при длине моста в 19 саж. Половина этого моста изображена на лис. 6 атласа. Мост имеет два устоя и средний участок („отверстие"), с тремя быками, вследствие чего надо утроить числа, указанные в столбце таблицы с заглавием отв. 2,0. Глубина забивки свай = 2 саж. С последних четырех строк таблицы 5 выписываем следующие общие количества материалов.

А. Лесной материал.

в двух устоях . . . . . 1162 пог. саж.
в трех отверстиях с быками $3 \times 152 = 456$ „ „

Всего лесного материала . . . . . 1618 пог. саж.

В. Железо.

в двух устоях . . . . . 171,5 пуд.
в трех отверстиях с быками . . $3 \times 26,2 = 78,6$ „

Всего железа . . . . . 250,1 пуд.

С. Гвозди.

в двух устоях . . . . . 1,76 пуд.
в трех отверстиях с быками . . $3 \times 0,26 = 0,78$ „

Всего гвоздей . . . . . 2,54 пуд.

Определение рабочей силы для постройки этого моста.

1) Дерево. Согласно ст. 6 табл. 18 в § 109 принимаем единичную расценку в 0,50 плотников на пог. саж. леса в деле. С общего количества материала скидываем 20% на обрезки, тогда требуемое количество плотников:

$$0,50 \times 0,80 \times 1618 = 647 \text{ раб. дней.}$$

2) Железо. Для обработки и установки железных частей в количестве 250,1 пуд., согласно ст. 26 табл. 20 в § 109 на 1 пуд. железа требуется 2,20 раб. дней плотников, а всего плотников

$$2,20 \times 250,1 = 550 \text{ раб. дней.}$$

3) Общее количество рабочей силы на все работы, кроме забивки свай; 1197 восьмичасовых рабочих дней плотников.

Таблица 7. **Двухподкосные мосты** с пролетами в 3 саж. на свайных опорах по типу Средне-Сибирской ж. д. согласно чертежу на лис. 8 атласа. Глубина забивки свай = 2 саж.

Высота насыпи	саж.	3,5	4,5	6,0
Толщина быков	саж.	0,2	0,2	0,76
Ширина основания быков	саж.	3,5	4,43	5,57
Число брусьев в каждом прогоне		4	4	4
Количество материала в одном быке и одном пролете	Дерева . . .	пог. саж.	**187**	**205**	**441**
	Железа	пуд.	**35,8**	**41,7**	**62,2**
Количество материала на 1 пог. саж. моста.	Дерева . . .	пог. саж.	58	64	117
	Железа	пуд.	11,2	13,0	16,5

При подсчете количества материала длина пластин введена наравне с бревнами.

Таблица 8. **Двухподкосные мосты** с пролетами в 6 саж. на свайных опорах согласно фиг. 240. Глубина забивки свай принята 2 саж.

Высота насыпи . . . . . саж.		2,5	3	4	5	6
Ширина основания быков . . . . . саж.		3.2	3,2	4,5	4.5	5,5
Число брусьев в каждом прогоне		12	12	12	12	12
В одном быке и одном пролетн. строении	Дерева . . . пог. саж.	**488**	**496**	**528**	**568**	**610**
	Железа . . . . . пуд.	**48,9**	**50,1**	**59,5**	**75,2**	**75,2**
Количество материалов на 1 пог. саж. моста	Дерева . . . пог. саж.	81	83	88	95	102
	Железа . . . . . пуд.	8,2	8,4	9,9	12,5	12,5

Таблица 9. Количество дерева и железа в пролетных строениях[2]) с **фермами системы Гау**, расчитанными на декапод с американскими полувагонами.

Езда		по верху			по низу			
Отверстие в свету . . . . . саж.		10	10	15	10	10[1])	12[1])	20
Расчетный пролет. . . . . мет.		22.6	22,5	33.5	22,8	22.8	26.9	44,4
Высота ферм . . . . . мет.		3,2	4,3	5,6	7.8	7,8	7.9	8,2
Число ферм		2	2	3	2	2	2	2
Общее количество[2]) материалов в одном пролетном строении	Дерева куб. фут.	**1812**	**2015**	**3865**	**1882**	**2215**	**2950**	**5990**
	Железа . . пуд.	**399,9**	**368,7**	**787,4**	**544,0**	**717,3**	**807,7**	**1980**

Таблица 10. Количество дерева и железа в пролетных строениях с **фермами Тауна** с ездою по верху, расчитанными на декапод с американскими полувагонами. Подрельсные поперечины уложены на верхнем поясе ферм.

Отверстие в свету . . . . . саж.		8	10
Расчетный пролет . . . . . мет.		18,2	23.1
Высота ферм . . . . . мет.		2.8	2,7
Число ферм		2	2
Общее количество[2]) материалов в одном пролет. строении	дерева куб. фут.	**1140**	**1248**
	железа пуд.	**74,6**	**118,7**

[1]) Фермы составлены из двух ярусов согласно лис. 15 атласа.

[2]) Не считая полотна, т. е. перил, досчатого настила, охранных брусьев и подрельсных поперечин.

Таблица 11. Количество дерева и железа в пролетных строениях с фермами Лембке с ездою по верху, по типам Ю.-З. ж. д., расчитанным на нормальный поезд 1896 года. Количества материалов для ферм Лембке, расчитанных на нормальный поезд 1884 и 1907 г., могут быть выведены из таблицы на стр. 33.

Отверстие в свету . . . . . саж.		3	4	5	6	10	13	15
Длина ферм . . . . . саж.		3,5	4.5	,7	6,8	10.9	14,0	16,2
Высота ферм . . . . . саж.		0,65	0,90	0,90	1,20	1,40	1,82	1,82
Число ферм		2	2	2	2	2	3	3
Общее количество материала[1]) в одном пролетн. строении	дерева куб. фут. . .	**176**	**261**	**373**	**688**	**1290**	**2660**	**3569**
	железа пудов	**24,7**	**26,1**	**34,9**	**41,2**	**69,8**	**124,2**	**146,7**

[1]) Не считая перил, досчатого настила, охранных брусьев и подрельсных поперечин.

Таблица 12. Мост с консольно-подвесными фермами с ездою по верху согласно фиг. 385—389. При высоте быков в 7 саж. от головки рельса и расстоянии между осями быков в 10,6 саж., количество лесного материала и железа в одном пролете длиною 10,6 саж.:

	Дерева куб. фут.	Железа пудов
в одиом свайном быке	2995	148,8
в консольных фермах со связями	1111	
в подвесных фермах со связями	645	

Таблица 13. Одноярусные рамные быки с 8-ю коренными стойками диам. 6 верш., расположенными в двух сближенных рядах согласно рис. 3 и 4 лис. 45 атласа.

Высота быка саж.	Бревна сосновые			Бревна дубов. 8 вер. пог. саж.	Железо		Общее количество материала на один бык		
	5 вер.	6 вер.	8 или 9 вер.		Полосов. 65 . 13	Кругл. 7/8″	Дерева		Железа
	погон. саж.				пуд.	пуд.	куб. фут.	пог. саж.	пуд.
2	5	29	7	3	9	10	**182**	**44**	**19**
2,5	6	40	8	3	9	11	**276**	**57**	**20**
3	7	45	8	3	9	12	**300**	**63**	**21**
3,5	13	52	9	3	9	13	**355**	**77**	**22**
4	14	59	10	3	9	13	**397**	**86**	**22**

Примечание. Каждая пог. саж. пластины посчитана за 1/2 пог. саж. бревна.

Таблица 14. Рамные двойные быки балочных и подкосных мостов по типу Средне-Сибирск. ж. д.

По типу фиг.			547				547	На лис. 8 атласа
Величина пролетов . . . . . саж.			1,0				1,5	3,0
Высота насыпи . . . . . саж.			1,0	2,0	2,5	3,0	1,25	3,5
Толщина быка . . . . . саж.			1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	0,2
Длина опорного лежня . . . . . саж.			4,71	4,71	3,2	4.71	3,86	4,64
Количество лесного материала в одном двойном быке пог. саж.	Бревна сосновые пог. саж.	5 вершков	7,7	24,2	40,0	23,4	—	1,1
		6	22,3	30,6	30,4	48,6	5,0	79 9
		7	9,3	9,3	20,4	25,4	31,1	13,3 (8 в.)
		6/2	24,0	54,2	49,7	68,5	6,3	64,2
	Брусья сосновые пог. саж.		—	12,0	6,4	7,7	—	2,7
	Брусья дубовые пог. саж.		3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	13,9
Количество железа в одном двойном быке пудов	Полосового		4,2	4,2	3,9	3,9	4,3	3,8
	Болтов		3,3	7,8	11,0	13,4	4,8	10,0
Всего дерева	пог. саж.		**67**	**133**	**150**	**177**	**45**	**175**
	куб. фут.		**245**	**399**	**501**	**705**	**233**	**694**
Всего железа . . . . . пудов			**7,4**	**12,0**	**14,8**	**14,2**	**9,1**	**13,8**

*) Пролетное строение не вошло в подсчет материала. При этом подсчете длина пластин введена наравне с бревнами.

Таблица 15. Свайные двойные быки балочных эстакад и подкосных мостов по типу Средне-Сибирск. ж. д. Глубина забивки свай принята в 2 саж

По типу фиг.			547 и 541				547 и 541				548				лис. 8 атласа		
Велич. пролетов саж.			1,0				1,5				2 0				3,0		
Высота насыпи саж. .			1,0	2,0	2,5	3,0	1,25	2,0	2,5	3,0	2,5	3,0	4,0	5,0	3,5	4,5	6,0
Толщина быка саж. .			1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	0,76	0,76	0,76	0,76	—	—	—
Ширина основания быка . . . . саж.			2,4	3,1	3,1	3,1	2,7	3,0	3,0	3,3	3,0	3,0	4,1	5,0	3,5	4,4	5,6
Количество лесного матер. в одном двойном быке погон. саж.	Бревна пог. саж.	5 вершков	3,7	20,2	58,3	50,8	—	—	—	—	30,0	22,3	—	—	—	—	—
		6	31,2	35,7	42,3	53,6	4,4	21,4	23,6	11,4	49,9	65,7	98,6	117,5	106,5	89,9	263,0
		7	—	—	—	—	32,0	38,6	42,1	48,3	—	—	—	—		—	—
		6/2	10,9	29,6	18,9	36,5	6,3	32,0	33,2	33,5	17,6	34.2	45,4	47,2	9,0	12,9	64,1
		7/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,9	53,3	101,1	--	—	—
	Брусья соснов. пог. саж. . .		—	12,0	6,4	7,7	—	—	27,5	51,1	5,7	8,9	11,6	15,9	2,6	1,3	34,5
	Брусья дубов. пог. саж. . .		3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	10,7	11,4	3,0	3,0	3,0	3,0	11,7	13,6	7,1
Количество железа в одном двойном быке	полосовое пуд.		3,9	4,2	10,5	10,5	4,3	4,3	10,5	10,5	10,5	10,5	13,8	13,8	10,4	13,7	20,3
	болты пуд. .		1,5	5,1	9,3	11,5	1,7	6,8	13,1	14,6	11,1	14,8	21,4	24,6	12,2	15,9	25,8
В одном двойном быке всего	дерева	пог. саж.	**49**	**101**	**129**	**152**	**46**	**95**	**137**	**156**	**106**	**143**	**212**	**285**	**130**	**118**	**369**
		куб. фут.	**191**	**321**	**422**	**491**	**233**	**400**	**556**	**604**	**372**	**488**	**724**	**938**	**538**	**477**	**1296**
	железа пудов		**5,4**	**9,3**	**19,8**	**22,0**	**6,0**	**11,1**	**23,6**	**25,1**	**21,6**	**25,3**	**35,2**	**38,4**	**22,6**	**29,6**	**46,1**

Пролетное строение не вошло в подсчет материала. При этом подсчете длина пластин введена наравне с бревнами.

Таблица 16. **Свайные быки** с 8-ю коренными сваями диам. 6 верш., расположенными в двух сближенных рядах согласно рис. 1—4 на лис. 36 атласа. Глубина забивки свай принята 2 саж.

Высота быка саж.	Бревна сосновые		Железо		Общее количество материала на один бык		
	6 верш. пог. саж.	8 верш. пог. саж.	Полосовое 65 . 13 пудов	Круглое $^7/_8''$ пудов	Дерева. куб. фут.	Дерева. пог. саж.	Железа пуд.
1	25,4	2,8	5,1	2,1	132	28	7,2
2,5	72,7	2,8	9,6	7,8	338	65	17,4
4,5	115,3	2,8	9,9	13,0	524	118	22,6
6	171,7	2,8	16,3	19,8	770	175	36,1

Примечание: Каждая погон. саж. пластин посчитана за $^1/_2$ пог. саж. бревна.

Таблица 17. **Свайные быки** с дополнительными укосинами для ферм сист. Лембке согласно лис. 22 атласа.

Высота быка саж.	Число корен. свай	Бревна сосновые 6 вер. (пог. саж.)	Бревна сосновые 8 вер. (пог. саж.)	Бревн. дубов. 8 вер. (пог. саж.)	Железо Полосов. 65 . 13 пуд.	Железо Круглое $^7/_8''$ пуд.	Общее количество материала на один бык Дерева куб. фут.	Дерева пог. саж.	Железа пуд.
1	16	106	9	6	14.1	9 6	575	121	23,7
2	16	203	9	6	23.0	30,7	999	218	53,7
4,5	16	385	10	7	27,5	63,1	1806	402	90,6
6	12	391	19	4	25,3	64,7	1876	414	90,0
6	16	524	10	7	36,5	70,1	2412	541	106,6
Высокие свайные быки согласно лис. 39 атласа.									
7,8	24	5 в. 362 / 6 в. 677	17	8	52,5	125,4	4164	1064	177,9
10,8	16	940	--	7	55,0	105,7	4150	947	160,7

§ 109. Определение количества рабочей силы.

Для предварительного определения общего количества рабочей силы, нужной для постройки моста, мы составили единичные расценки для наиболее употребительных типов пролетного строения и опор. Эти расценки помещены в трех таблицах, из которых первая относится к пролетному строению, вторая—к опорам, а третья—к железным болтам и поковкам. Единичными расценками мы называем число рабочих дней, необходимых для обработки и сборки 1 погон. сажени или же 1 куб. фута всего лесного материала в деле. Умножив эту расценку на общую длину или на общий об'ем лесного материала, потребного на мост, мы получаем искомое общее количество рабочей силы. В большинстве случаев расценки определены на основании детальных смет, составленных по урочному положению. При пользовании расценками надо иметь в виду следующее. 1) Все расценки выведены в предположении 8-часового рабочего дня; никаких других коэффициентов мы не вводили. 2) Для всех родов работ рабочая сила указана в 8 часовых рабочих днях плотников; пересчет рабочих других специальностей на плотники, мы произвели на основании следующих

соотношений между их поденной платой: $\frac{\text{плотник}}{\text{чернорабочий}} = 1{,}4$; $\frac{\text{плотник}}{\text{кузнец}} = 1$; $\frac{\text{плотник}}{\text{слесарь}} = 0{,}84$. 3) При исчислении единичных расценок длина и об'ем лесного материала приняты netto, т. е. соответственно действительным размерам частей. 4) Устройство лесов и подмостей для сборки ферм и опор не принято во внимание. 5) В расценки на свайные опоры не включена рабочая сила по забивке свай, так как глубина забивки может быть больше или меньше, в зависимости от качества грунта и величины давления, которое передается свае. Количество рабочей силы на забивку надо вычислять отдельно, пользуясь данными, приведенными в § 110. 6) Устройство полотна, т. е. перил, досчатого настила, охранных брусьев и подрельсных поперечин не принято во внимание при исчислении расценок для пролетных строений, так как материал и рабочая сила на эту работу исчисляются отдельно, пользуясь таблицею на стр. 387.

Таблица 18. Количество рабочей силы на устройство **пролетного строения** мостов, с обработкою материала, пригонкою отдельных частей и сборкою их, не считая устройства настила, перил, подрельсовых поперечин, охранных брусьев, опор и подмостей, при 8-ми часовом рабочем дне.

№№ по порядку.	8-ми часовых дней плотников на	погон. саж.	куб. фут.
	А. Балочные мосты.		
1	Мосты балочной системы из круглого леса с одноярусными прогонами и подбалками		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	1,05	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,28
2	Мосты балочной системы из круглого леса с двухярусными прогонами и подбалками		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,90	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,24
3	Мосты балочной системы из круглого леса с подбалками, подпертыми подкосами,		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,95	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,26
	В. Подкосные мосты.		
4	Мосты одноподкосной системы из круглого леса с пролетами в 2 саж., с двух'ярусными прогонами и затяжками согласно лис. 6 атласа, не считая работы по изготовлению опор,		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	1,10	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,30

№№ по порядку.	8-ми часовых дней плотников на	погон. саж.	куб. фут.
5	Тоже, но со включением подрельсных поперечин и охранных брусьев		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,82	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,24
6	Тот-же мост одноподкосной системы из круглого леса с пролетами в 2 саж. с двух'ярусными прогонами и затяжками согласно лис. 6 атласа, со включением всех работ по изготовлению опор и мостового полотна		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,50	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,14
7	Тоже, если не считать подрельсовых поперечин и охранных брусьев		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,56	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,15
8	Мост ригельно-подкосной системы из круглого леса без затяжки		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	1,0	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,27
9	Мост ригельно-подкосной системы из брусчатого леса без затяжки		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	1,30	
	С. Мосты с фермами Гау.		
10	Мост с ездою по верху отверстием 10 саж с двумя фермами Гау из брусчатого леса, связанными между собою верхними и нижними продольными связями, а также поперечными связями на опорах и в пролете. Решетка ферм двухраскосная с парными по фасаду моста тяжами из круглого железа. Проезжая часть из поперечных балок, двух продольных балок и подрельсных поперечин. Чертежи моста находятся на лис. 12 атласа		
	на 1 куб. фут. леса в деле плотников	—	0,40
11	Мост с ездою по низу отверстием 12 саж. с двумя фермами Гау из брусчатого леса, связанными между собою верхними и нижними продольными связями. Решетка ферм двухраскосная с железными тяжами. Проезжая часть из поперечных балок, продольных балок и поперечин		
	на 1 куб. фут. леса в деле плотников	—	0,38

№№ по порядку	8-ми часовых дней плотников на	погон. саж.	куб. фут.
12	Мост с ездою по низу отверстием 16 саж. с двумя фермами Гау из брусчатого леса, связанными между собою верхними и нижними продольными связями. Решетка ферм простая раскосная, с обратными раскосами в каждой панели и с тяжами из круглого железа. Проезжая часть из железных поперечных балок, деревянных продольных балок и поперечин		
	на 1 куб. фут. леса в деле плотников	—	0,35
13	Мост с ездою по низу отверстием 10 саж. с двумя фермами составной раскосной системы, разбираемыми на два яруса (см. лис. 15 атласа). Фермы из брусчатого леса связаны между собою верхними и нижними продольными связями. Проезжая часть из поперечных балок, усиленных железными струнами, из двух продольных балок и поперечин		
	на 1 куб. фут. леса в деле плотников	—	0,40
	D. Мосты с досчатыми фермами Тауна и Лембке.		
14	Мост с ездою по верху отверстием 10 саж. с двумя фермами Тауна, связанными между собою верхними и нижними продольными связями, а также поперечными связями над опорами и в пролете. Доски поясов размещены в двух ярусах. Решетка ферм обжата стойками. Подрельсные поперечины опираются на верхний пояс ферм. Мост расчитан на поезд из декапода и американских полувагонов. При изготовлении ферм из готовых досок		
	на 1 куб. фут. леса в деле плотников	—	0,37
15	Мост с ездою по верху пролетом 10,5 саж. с двумя фермами Лембке, связанными между собою верхними и нижними продольными связями, а также поперечными связями над опорами и в пролете. Доски поясов размещены в трех ярусах. Стенка ферм—из двух слоев перекрещивающихся досок обжата стойками и горизонт. рейками. Подрельсные поперечины опираются на верхний пояс ферм. Мост расчитан на поезд из двух паровозов серии Щ. При изготовлении ферм из готовых досок		
	на 1 куб. фут. леса в деле плотников	—	0,54

№№ по порядку	8-ми часовых дней плотников на	пог. саж.	куб. фут.
16	Е. Мосты с консольно-подвесными фермами согласно фиг. 385 до 389.		
	Мост с ездою по верху с тремя фермами. Мост разбит на пролеты в 7,8 саж., которые чередуются с пролетами в 2,8 саж. Малые пролеты перекрыты двухконсольными фермами из круглого леса, консоли которых свешиваются в большие пролеты и поддерживают подвесные фермы, растянутые раскосы и нижний пояс которых сделаны из досок, а сжатые верхний пояс и стойки—из брусьев. Подрельсные поперечины опираются на верхний пояс ферм. Мост расчитан на поезд из двух паровозов сер. Щ.		
	На 1 куб. фут. леса в деле плотников		
	для подвесных ферм	—	0,39
	для двухконсольных ферм	—	0,32

Таблица 19. Количество рабочей силы для устройства свайных быков из круглого леса с обработкою материала, пригонкою частей и сборкою их, не считая забивки свай и устройства подмостей при 8 час. рабочем дне.

№№ по порядку.	8-ми часовых дней плотников на	пог. саж.	куб. фут.
17	Одиночный свайный бык высотою 1,75 саж. из 4 коренных свай, перекрытых насадкою из круглого леса, без укосин, при длине свай до 4 саж.		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,19	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,05
18	Одиночный свайный бык высотою до 4 саж. из 5 коренных свай, перекрытых насадкою из круглого леса, и связанных крестом из диагональных схваток и горизонтальною схваткою из пластин. Укосин не имеется		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,28	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,07
19	Свайный бык высотою 2,5 саж. из 18 коренных свай, расположенных в двух сближенных рядах, перекрытых двумя насадками и связанных крестом из диагональных схваток и двумя горизонтальными схватками. Укосин не имеется		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,26	

№№ по порядку	8-ми часовых дней плотников на	погон. саж.	куб. фут.
20	Одиночный свайный бык высотою до 3 саж. из 4 коренных свай, 2 откосных свай, 2 укосин, насадки из круглого леса, 2 горизонт. схваток и креста из диагональных схваток		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,26	
21	Свайный бык высотою 5 саж. из 27 коренных свай, расположенных в 3 сближенных рядах, перекрытых 3 насадками и связанных двумя крестами диагональных схваток и тремя горизонт. схватками. Кроме коренных свай имеется 20 откосных свай и 6 укосин		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,24	
22	Двойной свайный бык высотою 5 саж. из двух свайных рядов, отстоящих один от другого на 0,75 саж. В каждом ряду имеется 5 нарощенных коренных свай, 2 откосные сваи, 2 укосины, насадка, парная горизон. схватка, диагональная схватка. Оба ряда свай связаны между собою 15 парными горизонт. схватками из пластин, двумя горизонт. схватками из бревен и 5-ю парами диагональных схваток из пластин		
	на 1 пог. саж. леса в деле плотников	0,39	
	или на 1 куб. фут. „ „ „ „		0,14

Таблица 20. Количество рабочей силы на изготовление и установку **железных болтов и поковок.** По ведомости единичных цен Юго-Зап. ж. д.

№№	При продолжительности рабочего дня в 8 час.	Дней.
23	Для изготовления болтов с гайками и шайбами требуется с 1 пуда . . . . . кузнецов	1,88
24	Для изготовления железных хомутов, скоб и всякого рода кузнечных поковок требуется с 1 пуда . . . кузнецов	1,54
25	Для установки болтов со сверлением дыр, загонкою болтов и завинчиванием гаек требуется с 1 пуда . плотников	0,50
26	Для установки железных хомутов, планок, наугольников, обойм и т. п. с прилаживанием к дереву или врезкой под лицо требуется с 1 пуда . . . . . плотников	0,25
27	Для вбивания железных скоб требуется с 1 пуда . . . . . плотников	0,38

№№		дней
28	При одинаковой цене кузнецов и плотников сумма рабочей силы на изготовление и установку с пуда составляет 2,38 плотников для болтов. 1,79 „ „ хомутов. 1,92 „ „ скоб. В виду небольшой разницы между этими цифрами, можно принять, что на изготовление и установку всех вообще железных частей требуется с 1 пуда 2,20 восьми часов. рабочих дней . . . . . плотников	2,20

§ 110. Расценки на отдельные работы по постройке деревянных мостов.

Пользуясь урочным положением, мы в настоящем § собрали данные о количестве рабочей силы для разных работ, встречающихся при постройке деревянных мостов, а именно: приготовление бревен и брусьев, изготовление врубок, сборка ферм из обделанного материала, укладка настила и подрельсовых поперечин, ряжевые работы, забивка свай и забивка шпунтовых рядов. Данные урочного положения переведены на 8 час. рабочий день; никаких других коэффициентов мы не вводили. Данные для расценки разного рода укреплений конусов и откосов сообщены в § 96.

А. Приготовление бревен и брусьев[1]) с пог. саж. в рабочих днях (плотники на 1 погон. саж.) по §§ 135, 136 Уроч. Полож.

	Диаметр бревна в вершках.	4	5	6	7	8	9	10
Бревна круглые	Остружка бревна и притеска комлей, причем бревно остается коническим	0.105	0.131	0.150	0.183	0.210	0.225	0.255
	Обтеска и остружка бревна для придания ему цилиндрической формы	0.204	0.300	0.366	0.420	0.522	0.633	0.735
Брусья[2])	Вытесывание бруса с 4-х сторон	0.138	0.180	0.216	0.252	0.318	0.384	0.450
	Выпиливание бруса с 4-х сторон	0.221	0.273	0.330	0.380	0.440	0.495	0.555
	Остругивание вытесанного или выпиленного бруса с 4-х сторон . .	0.096	0.126	0.150	0.180	0.222	0.270	0.318
	Перепиливание поперек за один конец .	0.011	0.014	0.018	0.021	0.026	0.029	0.032

[1]) Сюда не входит рабочая сила на изготовление врубок, которые расцениваются отдельно, как указано дальше. При исчислении принят 8 час. рабочий день.

[2]) Рабочая сила, приведенная для брусьев, относится к обработке всех 4-х сторон. При обработке только одной стороны рабочей силы требуется в четыре раза меньше.

№№	При продолжительности рабочего дня в 8 часов	дней
	В. Изготовление врубок.	
	а) Для обыкновенных врубок.	
1	Зарубить шип (одиночный) и выдолбить для него в другом брусе сквозное гнездо (§ 138 г. Уроч. Полож.) плотников	0,20
2	Тоже при выдалбливании гнезда не во всю толщину бруса (§ 138 д. Урочн. Полож.) . . . плотников	0,15
3	Взаимно врубить 2 пересекающихся бруса (§ 138 е. Урочн. Полож.) . . . . . плотников	0,066
4	Если же врубка делается только в одном брусе, плотников	0,033
5	Зарубить простой зуб с шипом (на оба бруса) (§ 138 ж. Уроч. Полож.) . . . . . плотников	0,30
6	Вырубить двойной зуб с шипом (на оба бруса) плотников	0,48
7	Сделать врубку парным шипом (на оба бруса) плотников	0,48
	б) При более тщательном изготовлении врубок.	
8	Для зарубания шипов и выдалбливания гнезд, полагать на каждый шип с соответственным ему гнездом (§ 227 Уроч. Полож.) . . . . . плотников	0,38
9	Для зарубания двойного шипа с выдалбливанием гнезд (§ 227 Уроч. Полож.) . . . . . плотников	0,75
10	Для соединения брусьев замками без постановки железных скреплений, на каждый замок, смотря по толщине бруса и сложности вырубок, (§ 228 Уроч. Полож.) плотников	0,6—1,5
11	Постановка с прирезкой и пробуравливанием дыр одного хомута (от 20 до 25 фунт.) или одного болта (от 4 до 8 фунт.) (§ 138 и Урочн. Полож.) . . . плотников	0,15—0,20
12	Тоже, считая с 1 пуда поковок, ... плотников	0,30
13	„ „ с 1 пуда более крупных поковок, плотников	0,38
14	Вбивание одной скобы (3—6 фунт.) (§ 138 і Уроч. Полож.) . . . . . плотников	0,05—0,08
	С. Сборка ферм из обделанного материала.	
15	Для ферм раскосной системы Гау с окончательным прилаживанием брусьев, скреплением их между	

№№	При продолжительности рабочего дня в 8 часов	дней
	собой и, где нужно, чистой оструж кой, полагать на 1 пог. саж. бруса в деле (§ 267 б) плотников	0,53
16	Приготовление и употребление в дело подушек, клиньев, подкладок и других мелких частей из дерева твердой породы за 1 куб. фут обделанной фигуры, смотря по числу ея граней (§ 267 в Урочн. Полож.) плотников	0,45—0,60
17	Для досчатых ферм сист. Тауна—за установку поясов из досок с раскалачиванием, стягиванием сжимами и сделанием самих сжимов на 1 пог. саж. доски (§ 265 в Урочн. Полож.) . . . . . плотников	0,063
18	На установление между изготовленными поясами досок, составляющих решетку фермы Тауна, на сделание и прибивку планок гвоздями, на просверливание дыр для нагелей, на отколачивание планок, выдергивание гвоздей и на стягивание установленных досок сжимами для удобной забивки нагелей, на 1 пог. саж. доски (§ 265 г. Уроч. Полож.) . . . . . плотников	1,20
19	За просверливание одной дыры для нагеля одновременно через все доски и заколачивание готоваго нагеля (§ 265 б, Урочн. Полож.)	
	при длине нагеля 6″ и диам. $1^3/_4$″ плотников . .	0,060
	„ „ „ 15″ „ „ „ .	0,095
	„ „ „ 18—20″ и диам. $1^3/_4$—2″	0,120
20	За положение в дело (кроме забивки свай) с обтеской, кантовкой, обстружкой, пригонкой, нарубанием шипов	
	на 1 пог. саж круглого леса < 5 верш. плотников	0,68
	„ 1 „ „ „ „ > 5 „ „ .	0,98
21	Заготовка и установка на место отдельных частей моста с обделкой, соединением шипами и замком и всякого рода врубками, со скреплением болтами, ершами, скобами и разного вида поковками, плотно прирезанными на 1 куб. фут. дерева (по сообр. с § 275_2 Урочн. Полож.) . . . . . плотников	0,225—0,375
	или на 1 пог. саж. леса в деле:	
	для 5 верш. леса, обделанного накругло плотников	0,66
	„ 6 „ „ „ „ „	0,96
	D. Укладка настила и подрельсовых поперечин.	
22	Укладка 1 кв. саж. досчатого одиночного настила проезжей части без материала (§ 256 Урочн. Полож.) плотников	1,95

№№	При продолжительности рабочего дня в 8 часов	дней
23	Тоже 1 кв. саж. двойного досчатого настила (§ 256 Ур. Пол.) . . . . . плотников	4,20
24	Укладка 1 кв. саж. настила из пластин (§ 654 в Ур. Пол.) . . . . . плотников	1,50
25	Укладка 1 кв. саж. торцовой мостовой (§ 256 и § 648 Ур. Пол.) . . . . . плотников	6,0
26	Устройство обыкновенных перил (§ 135 и 654 Ур. Пол.) на 1 пог. саж. . . . . плотников	1,68—2,24
27	Для изготовления и укладки на место подрельсовых поперечин из брусьев, полагать на 1 пог. саж. поперечины	
	при выпиливании бруса из 6 верш. леса плотников	0,57
	„ „ „ „ 7 „ „ „ .	0,63
	„ „ „ „ 8 „ „ „ .	0,74
	„ „ „ „ 9 „ „ „ .	0,81
28	Тоже из круглого леса, стесанного на 2 канта при диаметре бревна 5 верш. . . . . плотников	0,31
	„ „ „ 6 „ . . . . „	0,33
29	Устройство при сопряжении моста с насыпью 1 кв. саж. заборки из пластин (§ 177 Ур. Пол.) плотников .	1,20
30	Обшивка ферм 1″ досками (без материала) (по сообр. § 198 Ур. Пол.) с 1 кв. саж. . . . . плотников	2,59
31	Окраска новаго дерева масляной краской за 2 раза со шпаклевкой и грунтовкой . . . . . маляров	0,99
	Е. Ряжевые работы.	
32	Рубка ряжей без плотной припазовки венцов между собой на каждую пог. саж. бревна и пластины в деле полагать (§ 244 Ур. Пол.) . . . . . плотников	0,225
33	Для такой же рубки—но с плотной припазовкой венцов между собой на каждую пог. саж. бревна и пластины в деле полагать (§ 345 Ур. Пол.) плотников .	0,30
34	Для спускания скрепленных днищ с берега или со льда в воду по положенным бревенчатым слегам с помощью талей на 1 пог. саж. бревна или пластины в днище (§ 246 Ур. Пол.) . . . . . плотников	0,06
35	Для загрузки ряжей камнем, на каждую куб. саж. камня полагать (§ 246 Ур. Пол.) . . . . . рабочих	5,25

F. Количество рабочей силы, потребной на **забивку одной пог. саж. 6 вер. сваи** ручным копром (§ 141 Ур. Пол.) Плотников на 1 пог. саж. при 8 час. раб. дне.

№№ по порядку		Бабою весом пуд.	25		30			35			
		При длине сваи саж.	$1^1/_2$	2	2	$2^1/_2$	3	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$	4
36	Качество грунта	Мягкий и до материка легко проникаемый сваями	1,06	1,10	1,35	1,41	1,46	1,76	1,84	1,93	2,03
37		Иловатый и вязкий, иногда с примесью хряща	1,65	1,70	2,07	2,13	2,20	2,61	2,70	2,79	2,90
38		Такой же, но до того упругий, что сваю приходится забивать комлем вниз	2,07	2,12	2,59	2,66	2,75	3,27	3,38	3,49	3,62
39		Глинистый, средней твердости, отчасти с камнями	2,12	2,20	2,70	2,81	2,93	3,52	3,68	3,86	4,05
40		Глинистый и плотно-иловатый с камнем	3,72	3,84	4,69	4,85	5,02	6,00	6,23	6,48	6,75
41		Самый крепкий, хрящеватый или щебенистый	4,96	5,29	6,70	7,21	7,81	9,82	10 80	12,00	13,50

Примечание: При забивке 5 верш. свай количество рабочей силы, исчисленное по этой таблице, уменьшать на 10%.

		дней
42	Для забивки сваи, толщиной от 4 до 6 вер., ручной бабой, весом в 4 пуда при 4 рабочих и 1 плотнике, на каждую пог. саж. сваи, вбитую в грунт (§ 144 Ур. Пол)	
	обыкновенный . . . . . плотников	0,47
	довольно крепкий . . . . . „	0,94

G) Количество рабочей силы, потребное **на забивку** ручным копром **одной пог. саж. шпунтового ряда из 5 вер. брусьев** на глубину 1 пог. саж. (§ 145 ж и § 141 Ур. Пол.) Плотников на 1 пог. саж. при 8 час. раб. дне.

№№ по порядку		Бабою весом пуд.	25		30			35			
		При длине шпунт. сваи саж.	$1^1/_2$	2	2	$2^1/_2$	3	$2^1/_2$	3	$3^1/_2$	4
43	Качество грунта	Мягкий и до материка легко проникаемый сваями	13,39	13,93	17,12	17,82	18,55	22,30	23,35	24,45	25,70
44		Иловатый и вязкий, иногда с примесью хряща	20,81	22,15	26,15	26,95	27,75	33,10	34,20	35,35	36,80
45		Такой же, но до того упругий, что сваю приходится забивать комлем вниз	26,20	27,65	29,50	33,60	34,60	41,30	42,85	44,20	45,85
46		Глинистый, средней твердости, отчасти с камнями	26,79	28,95	34,25	35,55	37.10	44,60	46,60	48,80	51,25
47		Глинистый и плотно-иловатый с камнем	47,00	48,45	59,40	61,55	63,60	76,00	79,00	82 00	85,50
48		Самый крепкий, хрящеватый или щебенистый	62,70	66,95	84,75	91,40	99,20	123,90	136,80	152,00	171,00

№№		дней
49	Для забивки одной пог. саж. досчатого шпунтового ряда из досок шириною 6 вер. и толщиною от 3 до 4 дюймов на глубину 1 саж. ручным копром (§ 146 Ур. Пол.)	
	для грунта обыкновенного . . . . . плотников	11,0—13,75
	среднего . . . . . „	14,66—18,33
	крепкого . . . . . „	22,0—27,5
50	Для забивки досчатых шпунтовых свай ручной бабой весом в 4 пуда при 4 рабочих и 1 плотнике, на каждую сваю, длиною от 1 до 2 саж. полагать (§ 147 Ур. Пол.) . . . . . плотников	0,39—0,48
	или на 1 пог. саж. ряда	
	при длине досок в 1 саж. . . . . плотников	3,55
	„ „ „ „ $1^1/_2$ „ . . . . . „	3,90
	„ „ „ „ 2 „ . . . . . „	4,26

ГЛАВА XXI.

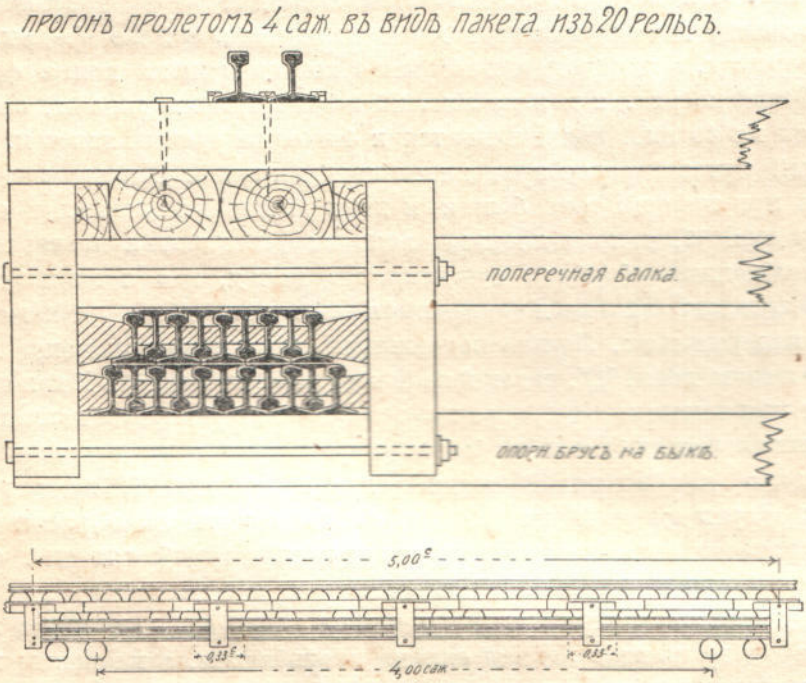
ПРОГОНЫ ИЗ РЕЛЬС И ЖЕЛЕЗНЫХ БАЛОК.

§ 111. Рельсовые пакеты.

Для перекрытия небольших пролетов до 3 саж. можно применять рельсовые пакеты в тех случаях, когда кроме рельс, снятых со смежного пути, на месте работ не имеется других материалов, пригодных для устройства прогонов. Рельсовый пакет состоит из одного или двух ярусов рельс, которые укладываются головками то вверх, то вниз, и связываются между собою хомутами или стяжками. Шпалы и путевые рельсы укладываются на пакетах или подвешиваются к ним. Рельсовые пакеты удобны тем, что не требуют почти никаких заранее заготовленных частей и допускают быструю сборку на местах. Серьезным недостатком рельсовых пакетов является то, что они сильно прогибаются при проходе поездов, вследствие малой высоты рельс сравнительно с пролетом. Поэтому применение рельсовых пакетов для пролетов более 2 саж. нежелательно, особенно если принять во внимание, что количество рельс, образующих пакет, очень быстро растет с увеличением пролета. Вследствие нерационального распределения материала, рельсовые пакеты имеют очень большой собственный вес.

Рельсы, образующие пакет, можно укладывать в одном или в двух ярусах. Укладка в одном ярусе допускается только при небольшом числе рельс (не более 13), так как пакет слишком растягивается в ширину и

передача давления на рельсы происходит очень неравномерно (рис. 1 и 2 на лис. 84 атласа). Пакет получается более компактным, если рельсы укладывать в двух ярусах. Такие пакеты бывают двух типов. В I типе (фиг. 663) рельсы верхнего яруса укладываются непосредственно на рельсах нижнего яруса. Сверху и снизу пакет обжимается горизонтальными поперечинами, которые пропущены от одного пакета к другому и стягиваются между собой вертикальными болтами. С боков пакет обжимается вертикальными брусками, которые стянуты горизонтальными болтами. Между этими



Фиг. 663. Фасад моста.

брусками и рельсами забиваются бруски длиною около 1 арш. Такие сжимы располагаются на взаимном расстоянии около 1,25 саж. На пакете укладываются парные лежни из шпал, а на них шпалы, к которым пришиваются рельсы и контр-рельсы. На лис. 85 атласа (рис. 5 и 6) показан фасад и поперечный разрез моста с такими пакетами из 10 рельс, длиною 3,2 саж., опирающимися на клетки в 1 на 1 шпалу.

II тип пакетов отличается от первого тем, что между обоими ярусами рельс прокладываются шпалы, отстоящие одна от другой на 0,25 саж. (фиг. 664). К этим прокладкам рельсы пакета пришиваются обыкновенными костылями, забиваемыми сверху и снизу. Чтобы прокладки удержать

Фиг. 664.

от угона, к их концам пришивают по одной продольной доске (фиг. 664). Более солидное укрепление пакета достигается вертикальными сжимами и

горизонтальными болтами как в I типе (фиг. 663), или двумя парами продольных брусьев, связанных вертикальными болтами согласно рис. 2 и 3 лис. 85 атласа.

III тип пакетов отличается тем, что шпалы с путевыми рельсами подвешиваются к пакетам при помощи хомутов, благодаря чему пролетное строение имеет минимальную строительную высоту. В этом случае пакеты всегда одноярусные и расположены на одном уровне с путевыми рельсами. Укладка этих пакетов отличается простотою, так как не требуется никакой рубки рельс. Эти пакеты особенно пригодны для перекрытия небольших пролетов между двумя смежными концами одной и той-же фермы, разорванной взрывом, а также для перехода с поврежденного конца фермы на опору. Согласно рис. 2 и 3 на лис. 86 атласа путевые шпалы, отстоящие ось от оси на 40 см., подвешиваются к 4-м одноярусным пакетам, так что на каждый путевой рельс приходится по два пакета. Шпалы можно подвешивать при помощи трех болтов и двух рельсовых накладок согласно рис. 4 на лис. 86, причем нижняя накладка фасонная, а в верхней накладке необходимо обрубить вертикальную полку, ибо подвижной состав зачастую задевает за части пролетного строения, даже немного выступающие над рельсами. Лучше подвешивать шпалы при помощи дуги из круглого железа диам. $^7/_8''$, надетой на пакет (рис 5 на лис. 86). К концам надетой дуги при помощи гаек прикрепляется фасонная рельсовая накладка, поддерживающая шпалу. Дуги и болты с рельсовыми накладками служат одновременно для взаимной связи рельс в пакетах. В виду гибкости пакетов и неравномерной их работы, болты и дуги надо расчитывать с большим запасом в предположении, что давление самой тяжелой оси паровоза передается целиком одной шпале.

При устройстве рельсовых пакетов всех типов следует иметь в виду, что при проходе поездов пакеты сильно прогибаются, а их концы приподнимаются, причем концы отдельных рельс иногда выскакивают из пакета и не попадают, обратно на место. Такие торчащие концы рельс представляют большую опасность для движения. Во избежание этого и чтобы не допустить сдвига рельс в пакете, необходимо с торцов забивать дубовые пробки или заклинки в просветы между рельсами.

Укладка рельсовых пакетов на каменных устоях. В случаях восстановления небольших однопролетных мостов при помощи рельсовых пакетов, опираемых на два каменных устоя, пакеты можно укладывать двумя способами.

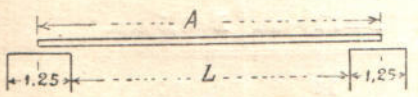
I способ. Концы рельсовых пакетов опускаются в шкафы устоев, для чего рельсы надо обрезывать по расстоянию между верхними стенками устоев. Так как высота пакетов меньше высоты разрушенных ферм, то для укладки пакетов на надлежащем уровне под них подкладывают высокие мауерлаты, составленные из 4-х брусьев, расположенных в двух ярусах. Если этого мало, то поверх пакетов можно уложить шпалы и на них парные лежни, поддерживающие путевые шпалы (рис. 5 на лис. 85 атласа). Этот способ неудобен тем, что надо резать рельсы, на что затрачивается лишнее время и работа; кроме того портятся рельсы и после разборки пакетов они уже не годятся для укладки пути; поэтому следует по возможности отдавать предпочтение следующему способу.

II способ. Рельсовые пакеты укладываются на верхние стенки устоев. Если пакеты длиннее, чем надо, их концы свешиваются за устои, так что не требуется обрезки рельсов. Этот способ укладки особенно удобен в случае применения одноярусных пакетов с ездою по низу, т. е. с подвешенными к ним путевыми шпалами (рис. 2 и 3 на лис. 86 атласа), так как путевые рельсы сохраняют свое первоначальное положение. Тем-же способом можно укладывать и двух'ярусные пакеты. Как видно из рис. 5 и 6 на лис. 86 атласа, два пакета уложены на брусьях, покрывающих верхние стенки устоев; на пакетах уложены путевые шпалы, прикрепленные к пакетам лапчатыми болтами. Уложенный по этим шпалам путь получается на 0,15 до 0,20 саж. выше первоначальной отметки, почему на мосту образуется горб, который надо разогнать посредством подсыпки на подходах к мосту. Укладка пакетов по II способу, кроме своей простоты, удобна тем, что допускает замену пакетов постоянным пролетным строением без перерыва движения.

Рельсовые пакеты многопролетных мостов. При постройке многопролетных мостов разбивку пролетов надо производить в зависимости от длины имеющихся рельс, руководствуясь тем, чтобы стыки рельс приходились по оси быков. Пролеты можно разбить так, чтобы стыки рельс находились на каждом быке или через один бык. Кроме того разбивка зависит от того, предполагается-ли применять быки шпального или иного типа, т. е. свайные или рамные быки. Рассмотрим сперва случай, когда быки шпальные, а затем случай свайных и рамных быков.

I случай. Разбивка пролетов в случае быков из шпальных клеток, сложенных в 1×1 шпалу, так что толщина быков (по фасаду моста)= 1,25 саж. Зазор между торцами рельс принимаем = 0,02 до 0,06 саж. Смотря по тому, предполагается-ли устройство рельсовых стыков на каждом быке или через один бык, можно руководствоваться двумя следующими таблицами, в которых указаны расстояния A между осями быков, соответствующие наиболее употребительным на наших дорогах длинам рельс в 21, 24, 28, 30 и 35 фут. По расстоянию A, представляющему расчетный пролет рельсового пакета, определяется число рельс в каждом пакете.

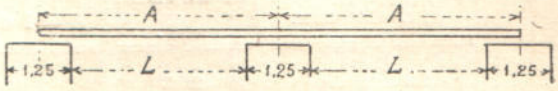
Разбивка пролетов в случае быков из шпальных клеток.



Фиг. 665.

Рельсы имеют стыки на каждом быке.

Длина рельс		Расстояние A между осями быков саж.	Пролет L в свету
фут.	саж.		
35	5	5.05	3,8 саж,
30	4,29	4,35	3,1
28	4	4,05	2.8
24	3,43	3,45	2 2
21	3	3,05	1,8



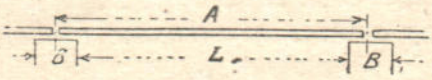
Фиг. 666.

Рельсы имеют стыки через один бык.

Длина рельс		Расстояние A между осями быков саж.	Пролет L в свету
фут.	саж.		
35	5	2,52	1,27 саж.
30	4,29	2.16	0,91
28	4	2,02	0,77

II случай. Разбивка пролетов в случае свайных или рамных быков. Быки, расположенные под стыками рельс, лучше всего делать двойными из двух поперечных рядов свай или стоек, отстоящих один от другого на 1 до 1,5 саж. (рис. 1 на лис. 85). Сваи покрываются продольными насадками, на которых уложено несколько поперечин, служащих опорою для концов рельс. Опоры, не совпадающие со стыками рельс, устраиваются одиночными, т. е. из одного поперечного ряда свай или стоек. См. рис. 1—4 лис. 85 атласа. Пролеты можно разбить так, чтобы стыки рельс находились на каждом быке, или через один бык; в первом случае все быки двойные, а во втором случае чередуются двойные и одиночные быки.

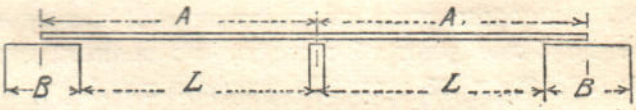
I. Рельсы имеют стыки на каждом быке.



Фиг. 667.

Длина рельс		Расстояние A между осями быков	Пролет L в саж. при толщине быков		
фут.	саж.	саж.	$B = 1$ саж.	$B=1{,}25$ саж.	$B=1{,}5$ саж.
35	5	5,05	4,05	3,8	3.55
30	4,29	4,35	3,35	3,1	2,85
28	4	4,05	3,05	2,8	2,55
24	3,43	3,5	2,5	2,25	2,0
21	3	3,05	2,05	1,8	1,55

II. Рельсы имеют стыки через один бык.



Фиг. 668.

Длина рельс		Расстояние A между осями быков	Пролет L в саж. при толщине быков		
фут.	саж.	саж.	$B = 1$ саж.	$B=1{,}25$ саж.	$B=1{,}5$ саж.
35	5	2,53	2,03	1,9	1,78
30	4,29	2,17	1,67	1,54	1,42
28	4	2,03	1,53	1,4	1,28
24	3,43	1,75	1,25	1,12	1,0
21	3	1,53	1,03	0,9	0,78

Число рельс в пакетах. Рельсовые пакеты допускают перекрытие пролетов до 4 саж., причем число рельс в каждом пакете доходит до 36. Для определения числа рельс в пакетах при разных пролетах прогонов, можно пользоваться следующей таблицей, расчитанной на нагрузку нормальным паровозом 1907 года и кроме того декаподом, для которых введены обозначения 07 и Д.

Число рельс в одном пакете, если под каждым рельсом имеется по одному пакету.

	Тип рельса	Высота рельса м. м.	Вес рельса фунт. на пог. фут	Момент сопротивления нового рельса см.³	Расчетный пролет в саженях															
					3/4		1		1 1/2		2		2 1/2		3		3 1/2		4	
					Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07
Старые рельсы		108	20	96	5	6	7	8	12	11	23	27	—	—						
		114	21 2/3	109	5	5	6	7	10	12	20	24	—	—						
		119	22 1/2	118	4	5	6	7	10	11	19	22	28	32						
		119	24	138	4	4	5	6	8	10	16	19	24	27						
	IV-а	121	23	123	4	5	5	6	9	11	18	21	27	31						
Новые рельсы	V-а	121	23	123	3	4	4	5	7	8	13	16	20	23	29	33	—	—	—	—
	III-а	128	25	147	3	3	3	4	6	7	11	13	17	19	25	28	35	40	45	51
	II-а	135	28 1/2	180	2	3	3	3	5	6	9	11	14	16	20	23	28	33	36	42

Допущенное напряжение на изгиб = 750 к/см.² для старых рельс и 1000 к/см.² для новых рельс.

Основные размеры и данные о наиболее употребительных рельсах приведены в § 12 на стр. 43.

Прогиб рельсовых пакетов расчитывается по формуле:

$$f = \frac{5}{384} \frac{(p+k)\, l^4}{E \cdot J}$$

где f в см. — прогиб пакета по середине пролета,

l в см. — расчетный пролет пакета,

p в к. на пог. см. — постоянная нагрузка пакета,

k в к. на пог. см. — нагрузка, эквивалентная поезду и соответствующая моментам по середине пролета,

E в к/см.² — коэффициент упругости стали,

J в см.⁴ — сумма моментов инерции всех рельс пакета.

Прогиб, расчитанный по этой формуле, не должен превышать $^1/_{250}$ пролета l.

Пакеты из попарно-склепанных рельс. При проходе поездов рельсовые пакеты дают большой прогиб от $^1/_{200}$ до $^1/_{500}$ пролета. Можно уменьшить число рельс в пакете и вместе с тем увеличить его жесткость, если рельсы попарно склепать подошвами, располагая один рельс над другим. Диаметр заклепок принимается около 12—14 м.м., а шаг заклепок от 70—80 м.м. Попарно склепанные рельсы работают, как одно целое, и момент сопротивления такой балки получается примерно в полтора раза больше, чем для двух отдельных рельс; вследствие чего можно уменьшить число рельс в пакете. Для определения числа рельс в пакете можно пользоваться следующей таблицей, расчитанной на нормальный поезд 1907 года и на декапод.

Число пар склепанных рельс в одном пакете, если под каждым рельсом имеется по одному пакету.

Тип.		Высота рельса м./м.	Вес рельса фунт. на пог. фут.	Момент сопротивления двух новых склепанных рельс см.³	Расчетный пролет прогона в саж.													
					1		$1^1/_2$		2		$2^1/_2$		3		$3^1/_2$		4	
					Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07
Старые рельсы.	—	114	$22^2/_3$	314	2	3	4	5	7	8	10	12	15	17	—	—	—	—
	—	119	$22^1/_2$	344	2	3	3	4	6	8	9	11	14	16	19	23	—	—
	—	119	24	361	2	2	3	4	6	7	9	10	13	15	19	22	26	28
	IVa	121	23	356	2	2	3	4	6	7	9	11	14	15	19	22	26	28
	IIIa	128	25	409	2	2	3	4	5	6	8	9	12	13	17	19	23	25
	IIa	135	$28^1/_2$	515	2	2	3	3	4	5	6	7	10	11	14	15	18	19
Новые рельсы	IV-a	121	23	356	2	2	3	3	5	6	7	8	10	12	15	16	20	21
	III-a	128	25	409	2	2	3	3	4	5	6	7	9	10	13	14	17	18
	II a	135	$28^1/_2$	515	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15

Допущенное напряжение на изгиб: 750 к/см.² для старых рельс и 1000 к/см.² для новых рельс.

D—обозначает паровоз декапод, 07—нормальный поезд 1907 года.

Фиг. 669.

Попарно склепанные рельсы можно размещать одном или в двух ярусах (фиг. 669). Склепанными рельсами пользуются редко, так как клепка значительно усложняет устройство пакетов.

§ 112. Железные двутавровые балки.

Для перекрытия пролетов до 6 саж. очень удобны железные прокатные двутавровые балки высотой от 400 до 500 м.м. Если вести расчет по нормальному поезду 1896 г., то для перекрытия всех пролетов до 4 мет. достаточно двух балок № 40. По мере увеличения пролета, можно повышать № профиля балок, или же, сохраняя один и тот же № профиля, можно увеличивать число балок. Изменение № балок неудобно тем, что при наличности мостов разного пролета надо располагать балками разной высоты и длины. В военное время нельзя расчитывать на получение балок всевозможных №№ и длины, а приходится пользоваться запасом балок определенной длины, заранее заготовленных на базах. В этих случаях для разных пролетов приходится пользоваться одним и тем же номером балок, увеличивая число балок по мере возрастания пролета. Если кроме того допустить, чтобы концы балок свешивались за опоры, то для перекрытия пролетов разной величины можно пользоваться балками одной и той же длины. Как изменяется число балок в зависимости от пролета, видно из следующей таблицы, в которой приведены наибольшие пролеты в случае укладки от 2-х до 8 прокатных двутавровых балок № 40 и 50 Р. Н. С. Расчет произ-

веден на два нормальных поезда 1896 и 1907 года, а также на паровоз декапод. На изгиб балок допущено напряжение в 1000 к./см.².

Число балок на оба рельса	Наибольший расчетный пролет в мет. при расчете на поезд					
	1896 г.		1907 г.		Декапод	
	№ 40	№ 50	№ 40	№ 50	№ 40	№ 50
2	3,8	5,8	3,6	5,4	3,9	5,8
3	4,8	7,4	4,4	6,6	4,8	7,2
4	5,6	8,9	5,2	7,6	5,7	8,3
5	6,4	10,3	5,8	8,5	6,3	9,4
6	7,1	11,7	6,4	9,5	6,8	10,4
7	7,8	13,0	6,8	10,4	7,4	11,5
8	8,4	14,3	7,3	11,3	7,9	12,5

Для подбора сечения прогонов из прокатных двутавровых балок может служить следующая таблица, в которой указано число двутавровых балок, расположенных рядом под каждым рельсом. Прогоны расчитаны на нормальный поезд 1907 года и на паровоз декапод, при допускаемом напряжении на изгиб 1000 к/см.².

Число балок под каждым рельсом.

№ профиля балок	Пролет прогонов в саженях																					
	1		1½		2		2½		3		3½		4		4½		5		5½		6	
	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07	Д	07
22	2	3	4	4																		
24	2	2	3	3																		
26	2	2	3	3	4																	
28	1	2	2	2	4	4																
30	1	1	2	2	3	3	4															
32	1	1	2	2	3	3	4	4														
34	—	1	1	2	2	3	3	4	4													
36	—	—	1	1	2	2	3	3	4	4												
38	—	—	—	1	2	2	2	3	3	4	4											
40	—	—	—	—	2	2	2	2	3	3	4	4	5									
45	—	—	—	—	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4							
50	—	—	—	—	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	5	4	5

Д — обозначает паровоз декапод.

07 — „ нормальный поезд 1907 года.

Фиг. 670.

Размеры и данные для двутавровых балок русского нормального сортамента.

$b = 0{,}32 \,.\, h + 25$ мм.

$d = 0{,}03 \,.\, h + 1{,}5$ мм.

$t = 1{,}4 \,.\, d; \quad R = d; \quad r = 0{,}6 \,.\, d.$

Уклон внутренних граней полок 14%.

	для	N 8 и 10	N 12 до 24	N 26 до 50	
Длина:	нормальная .	9	16	14	мет.
	наибольшая .	13	19	19	мет.

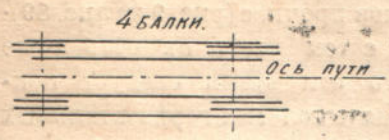
Веса даны для литого железа (7,85).

№№ профилей	Размеры в миллиметрах						Площадь профиля см.² ω	Вес погон. метра кил. g	Моменты инерции в см.⁴		Моменты сопротивления в см.³	
	h	b	d	t	R	r			max J_x	min J_y	W_x	W_y
8	80	50,6	3,9	5,5	3.9	2,3	8,16	6.406	86,3	9,71	21,6	3,84
10	100	57,0	4.5	6.3	4.5	2.7	11,03	8.659	180,4	16,1	36,1	5,65
12	120	63,4	5.1	7.1	5.1	3.1	14,34	11.257	334,4	25,2	55.7	7,95
14	140	69,8	5.7	7.9	5.7	3,4	18,03	14,193	569	37,7	81,3	10,8
16	160	76,2	6.3	8.8	6,3	3.8	22.26	17,474	909	54,3	113,6	14,26
18	180	82,6	6,9	9,6	6,9	4.1	26,87	21.093	1381	75,9	153,4	18,4
20	200	89,0	7,5	10,4	7.5	4,5	31,91	25.049	2014	103,4	201,4	23,24
22	220	95.4	8 1	11,3	8,1	4,9	37,38	29,343	2843	137,5	258.5	28.83
24	240	101.8	8.7	12,1	8,7	5.2	43,29	33.933	3903	180	325	35,36
26	260	108.2	9.3	13	9.3	5.6	49.63	38 960	5234	231	403	42 75
28	280	114.6	9.9	13.9	9.9	5.9	56,40	44,274	6878	293	491	51,1
30	300	121,0	10.5	14.7	10,5	6,3	63,61	49,934	8881	366	592	60,5
32	320	127.4	11.1	15,5	11.1	6,7	71.25	55.931	11292	542	706	70.9
34	340	133.8	11,7	16,4	11,7	7	79,32	62,266	14161	552	833	82,5
36	360	140,2	12,3	17,2	12.3	7.4	87,82	68,939	17544	668	975	95.3
38	380	146,6	12.9	18	12 9	7,7	96,76	75,956	21499	801	1132	109,3
40	400	153 0	13,5	18,9	13,5	8,1	106,13	83,312	26087	954	1304	124,7
42.5*	425	163	15.3	23,0	15.3	9,2	132	103,7	39956	1433	1739	176
45*	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	147	115,2	45888	1722	2040	203
47.5*	475	178	17,1	25.6	17,1	10.3	163	127,6	56410	2084	2375	234
50*	500	185	18.0	27,0	18,0	10,8	179	140,5	68736	2470	2750	267
55*	550	200	19.0	30,0	19,8	11,9	212	167.1	99054	3486	3602	349
60*	600	215	21,6	31,7	—	—	254	198,0	138957	4668	4632	434

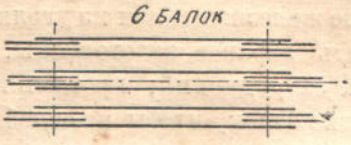
*) Профили германского нормального сортамента.

Для однопролетных мостов можно применять любое число балок до 8; но лучше придерживаться четного числа балок, т. е. 2, 4, 6 и 8, группируя под каждым рельсом половину этих балок, как показано на листе 87 и 88 атласа. В многопролетных мостах не всякое число балок удобно в конструктивном отношении, так как концы балок двух смежных пролетов, сходящиеся на промежуточных опорах, должны допускать удобное сопряжение между собою. В этом отношении удобнее всего

применять 4 или 6 балок, укладывая их согласно фиг. 671 и 672. В обоих случаях балки расположены попарно, причем в одном пролете балки каждой пары сдвинуты вплотную, а в смежных пролетах оне раздвинуты настолько, чтобы в зазор между балками можно было пропустить концы сдвинутых вплотную балок смежного пролета.



Фиг. 671.



Фиг. 672.

На лис. 87 и 88 атласа приведено 4 примера мостов с прогонами из прокатных двутавровых балок № 50. Каждый прогон составлен из одной балки № 50 при пролете в 6 мет., из двух балок № 50 при пролете в 9 мет., из трех балок № 50 при пролете в 11 мет., из четырех балок № 50 при пролете в 13 м. Во всех этих примерах прогоны расчитаны на нормальный поезд 1884 г. и на поезд с одним паровозом серии Щ. Во всех этих примерах конструктивные детали разработаны так, чтобы на месте работ не требовалось ни клепки, ни других сложных работ. Кроме того соблюдено условие не ослаблять дырами горизонтальные полки балок, так как, при большой толщине этих полок, дыры значительно понижают момент сопротивления балки.

На лис. 89 атласа показано два способа сопряжения на быке прогонов двух смежных пролетов. Рис. 1 до 3 относятся к тому случаю, когда каждый пролет перекрыт тремя балками № 40. Как видно из плана и разреза по *A—B*, концы балок заведены один за другой и для удержания от опрокидывания попарно обжаты вертикальными пластинами, которые пришиты гвоздями наверху к подрельсовой поперечине, а внизу— к деревянной распорке сечением $3^1/_2 \times 4^1/_2$ верш.; с поперечиною эта распорка стянута 4-мя вертикальными болтами диам. $^3/_4$ дм.

На рис. 4 до 7 лис. 89 показано сопряжение прогонов на быке в том случае, когда каждый пролет перекрыт 4-мя двутавровыми балками № 40, которые расположены попарно (рис. 7), причем в одном пролете балки каждой пары сдвинуты вплотную, а в смежных пролетах оне раздвинуты настолько, чтобы в зазор между балками можно было пропустить концы сдвинутых вплотную балок смежного пролета. Концы балок стянуты между собою тремя горизонтальными болтами диам. $^3/_4$ дм. Чтобы удержать балки от бокового сдвига, к насадке опоры приболчено три бруска с вырезом внизу. С внутренней стороны к насадке опоры и к подрельсовой поперечине приболчено с каждой стороны по два бруска сечением $3^1/_2 \times 2$ верш. По середине каждого пролета все балки приведены во взаимную связь при помощи четырех вертикальных брусков сечением $3^1/_2 \times 2$ верш., обжимающих балки (см. рис. 1 и 2 на лис. 89) и приболченных внизу распорке сечением $3^1/_2 \times 4^1/_2$ верш., а наверху—к подрельсовой поперечине. На рис. 8 лис. 89 показан способ скрепления железных балок при помощи железного хомута из двух вертикальных уголков 75 . 75 . 10 мм., стянутых между собой двумя горизонтальными болтами диам. $^7/_8$ дм. Балки опираются на деревянную насадку свайной опоры; с подрельсовою поперечиною эта насадка связана тремя вертикальными болтами.

Связи между прогонами обыкновенно устраиваются из досок (см. лис. 87 и 88 атл.); но железные связи из уголков прочнее (рис. 9 на лис. 89). Эти связи должны быть заранее заготовлены, с тем чтобы их сборка не представляла никаких затруднений; кроме того эти связи следует прикреплять только к стенке балок, чтобы не ослаблять толстых горизонтальных полок, во избежание большого понижения момента сопротивления балок.

Вес и строительная высота одноярусных прогонов из двутавровых прокатных балок № 50.

Длина ферм	Расчетн. пролет	Строител. высота	Вес на весь пролет			Наиб. давление обоих прогонов на один устой от пост. и врем. нагрузки
			ферм и связей	рельс и поперечин	всего пролетного строения	
саж.	саж.	саж.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
3,1	2.8	0,43	314	246	560	2859
3,6	3,3	„	496	279	775	3289
4,0	3,7	„	574	332	906	3602
4,5	4,2	„	635	357	992	3837
4,9	4.7	„	892	380	1272	4223
5,5	5,2	„	958	426	1384	4451
5,8	5,6	„	1057	448	1505	4725
6,6	6,1	„	1437	459	1890	5128

Эта таблица расчитана на нагрузку паровозом декапод; на изгиб балок допущено напряжение 1000 к/см.². Строительной высотой названо расстояние от подошвы рельс до низу ферм.

Двух'ярусные прогоны из склепанных двутавровых балок для пролетов от 3 до 8 саж. Если желательно уменьшить число балок, образующих прогоны, и вместе с тем увеличить высоту прогонов с целью уменьшения их прогиба, можно расположить балки попарно одна над другою и склепать соприкасающиеся полки. Тогда при изгибе обе балки каждой пары работают как одна целая балка. Заклепки принимаются диаметром 20 или 22 мм. при шаге около 150 мм. В склепываемых полках заклепки размещаются в шахматном порядке, во избежание чрезмерного ослабления балок дырами. Склепка возможна, если свободная ширина полок не меньше тройного диаметра заклепок, т. е. $3 \times 20 = 60$ м.м. Этому условию удовлетворяют балки, начиная от № 34; поэтому для двух'ярусных склепанных прогонов годятся балки не меньше № 34. Для определения числа балок при разных пролетах, может служить следующая таблица, расчитанная на нормальный поезд 1907 года.

Профиль балок №	Пролет ферм в саженях										
	3	$3^1/_2$	4	$4^1/_2$	5	$5^1/_2$	6	$6^1/_2$	7	$7^1/_2$	8
34	4	4	6	6	8	8	—	—	—	—	—
36	4	4	4	6	6	8	8	—	—	—	—
38	4	4	4	6	6	6	8	8	—	—	—
40	2	4	4	4	6	6	6	8	8	8	—
45	2	2	4	4	4	4	4	6	6	6	6
50	2	2	2	2	4	4	4	4	4	6	6

Как видно из этой таблицы, число балок очень велико, сравнительно с тем случаем, когда прогоны устраиваются из отдельных балок. Если прогон составлен из двух и более пар склепанных балок, то взаимная связь между балками достигается следующим образом: балки каждого яруса стягиваются между собой горизонтальным болтом, или же все балки пакета стягиваются между собой железным хомутом из двух вертикальных уголков и двух горизонтальных болтов (см. рис. 8 на лис. 89). На лист. 90 атласа, показано два примера двух'ярусных прогонов из склепанных балок. В 1-м примере (рис. 1—3) каждый прогон составлен из двух пар склепанных балок. Оба прогона связаны между собою продольными связями из перекрещивающихся диагоналей и распорок в виде железных тяжей; кроме того под балками помещены особые деревянные распорки. Во 2-м примере (рис. 4) каждый прогон составлен из трех пар склепанных балок. Оба прогона связаны между собою поперечными связями из перекрещивающихся диагоналей и распорок. На том же примере указан способ сопряжения железных прогонов с деревянными (рис. 5). Иногда балочные пакеты соединяются между собою железными связями из уголков. Простейший тип железных поперечных связей из 2 распорок и 2 диагоналей показан на рис. 6 лис. 90 атласа. Каждая часть состоит из уголка $3 \times 2 \times {}^3/_8$ дм. Распорки приболчены к горизонтальным полкам балок, а изогнутые концы диагоналей прикреплены к вертикальной полке распорок. Такое прикрепление связей нельзя назвать удачным, так как балки сильно ослабляются дырами в их горизонтальных полках.

Об'ем бревен в кубических футах.

Толщина бревен в верхнем от убе вершк.	Длина бревен в аршинах																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2	0,18	0,39	0,54	0,79	1,01	1,23	1,46	1,70	1,95	2,21	2,48	2,75	3,03	3,32	3,62	3,93	4,24	4,56	4,88	5,21	5,55
3	0,41	0,83	1,23	1,65	2,31	2,83	3,37	3,92	4,48	5,06	5,65	6,27	6,91	7,56	8,23	8,91	9,60	10,3	11,1	11,9	12,7
4	0,70	1,41	2,10	2,82	4,02	4,90	5,84	6,80	7,8	8,84	9,90	11,0	12,1	13,2	14,4	15,6	16,8	18,1	19,4	20,7	22,1
5	1,07	2,15	3,21	4,30	6,18	7,55	9,00	10,5	12,0	13,5	15,1	16,8	18,5	20,3	22,1	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0	34,1
6	1,53	3,05	4,59	6,09	8,70	10,6	12,6	14,7	16,9	19,1	21,4	23,8	26,2	28,7	31,3	33,9	36,7	39,5	42,4	45,3	48,3
7	2,05	4,10	6,15	8,19	11,7	14,3	17,0	19,8	22,7	25,7	28,8	32,0	35,3	38,7	42,2	45,8	49,4	53,2	57,0	60,9	64,9
8	2,65	5,30	7,95	10,61	15,0	18,3	21,8	25,4	29,1	32,9	36,6	40,5	44,5	48,8	53,3	58,0	63,0	68,0	73,2	78,5	83,8
9	3,33	6,67	9,99	13,34	18,5	22,5	26,9	31,4	36,0	40,8	45,8	50,9	56,1	61,5	67,0	72,7	78,7	84,9	91,2	97,6	104
10	4,09	8,19	12,27	16,38	22,6	27,4	32,7	38,1	43,7	49,5	55,5	61,8	67,5	74,5	81,7	89,0	96,5	104	111	119	127
11	4,93	9,86	14,79	19,73	27,1	32,8	38,9	45,2	51,7	58,5	65,5	72,8	80,3	88,3	96,6	105	114	123	132	142	152
12	5,84	11,69	17,52	23,39	31,8	38,4	45,6	53,0	61,0	69,0	77,6	86,3	95,2	104	113	123	133	144	155	163	178

Вес железных болтов.

Полезная длина l согл. фиг. 9 длина l в дюймах	Вес болта с головкою и гайкою в пудах при диаметре болта d в дюймах											
	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2
0	0,004	0,007	0,010	0,017	0,025	0,037	0,053	0,071	0,093	0,119	0,187	0,275
2	0,005	0,010	0,014	0,024	0,034	0,049	0,069					
4	0,007	0,013	0,018	0,031	0,043	0,062	0,084					
6	0,009	0,016	0,022	0,037	0,052	0,074	0,100					
8	0,010	0,019	0,026	0,044	0,061	0,086	0,115					
10	0,012	0,022	0,030	0,051	0,071	0,099	0,131	0,167				
12	0,014	0,025	0,034	0,058	0,080	0,111	0,147	0,185				
14	0,015	0,028	0,038	0,064	0,089	0,123	0,162	0,205	0,257			
16	0,017	0,031	0,042	0,071	0,098	0,136	0,178	0,225	0,280			
18	0,019	0,034	0,046	0,078	0,107	0,148	0,193	0,244	0,304	0,369		
20	0,020	0,037	0,050	0,085	0,116	0,160	0,209	0,264	0,327	0,396		
22	0,022	0,040	0,054	0,092	0,125	0,173	0,225	0,282	0,350	0,424	0,603	
24	0,024	0,043	0,058	0,098	0,134	0,185	0,240	0,301	0,374	0,452	0,640	
26	0,025	0,046	0,062	0,105	0,144	0,197	0,256	0,321	0,397	0,480	0,678	0,916
28	0,027	0,049	0,066	0,111	0,153	0,210	0,271	0,340	0,421	0,597	0,716	0,966
30	0,029	0,052	0,070	0,119	0,162	0,222	0,287	0,359	0,444	0,535	0,753	1,015
32		0,055	0,074	0,125	0,171	0,234	0,303	0,378	0,467	0,563	0,791	1,064
34		0,058	0,078	0,132	0,180	0,247	0,318	0,397	0,491	0,591	0,829	1,114
36			0,082	0,139	0,189	0,259	0,334	0,417	0,514	0,618	0,867	1,163
38			0,086	0,146	0,198	0,271	0,349	0,436	0,538	0,646	0,904	1,212
40				0,153	0,207	0,284	0,365	0,455	0,561	0,674	0,942	1,262
42				0,159	0,217	0,296	0,381	0,474	0,584	0,702	0,980	1,311
44					0,226	0,308	0,396	0,493	0,608	0,729	1,018	1,360
46					0,235	0,321	0,412	0,513	0,631	0,757	1,055	1,410
48						0,333	0,427	0,532	0,655	0,785	1,093	1,459
50						0,346	0,443	0,551	0,678	0,813	1,130	1,508
Вес головки	0,001	0,002	0,004	0,007	0,009	0,014	0,019	0,026	0,033	0,042	0,068	0,099
„ гайки .	0,002	0,004	0,005	0,008	0,012	0,017	0,025	0,033	0,044	0,056	0,086	0,127
„ пог. дм. стержня .	0,0008	0,0015	0,002	0,003	0,005	0,006	0,008	0,010	0,012	0,014	0,019	0,025

Примечание: Головка квадратная и соответствует отверстию ключа $= 1{,}8\,d$.
Гайка шестигранная и соответствует отверстию ключа $= 1{,}8\,d$.

Вес полосового железа для хомутов в пудах на пог. фут.

Ширина дм. \ Толщина дм.	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1
1	0,035	0,047	0,059	0,070	0,082	0,093
1 1/8	0,039	0,053	0,066	0,079	0,092	0,105
1 1/4	0,043	0,059	0,073	0,088	0,102	0,118
1 1/2	0,052	0,070	0,088	0,105	0,122	0,140
1 3/4	0,061	0,082	0,102	0,122	0,140	0,163
2	0,069	0,093	0,117	0,140	0,163	0,186
2 1/4	0,078	0,105	0,131	0,157	0,183	0,209
2 1/2	0,087	0,117	0,145	0,174	0,203	0,232
2 3/4	0,095	0,128	0,160	0,192	0,223	0,255
3	0,104	0,140	0,174	0,209	0,244	0,278
3 1/2	0,121	0,163	0,203	0,244	0,284	0,325
4	0,139	0,186	0,232	0,278	0,325	0,371
4 1/2	0,156	0,209	0,262	0,313	0,365	0,417
5	0,174	0,232	0,290	0,348	0,405	0,463
6	0,209	0,278	0,348	0,417	0,486	0,556